公安部第一研究所　著

公共安全宽带专用移动通信网络

——现状与发展趋势

清华大学出版社

公共安全宽带专用移动通信网络——现状与发展趋势

公安部第一研究所　著

清华大学出版社

北　京

内 容 简 介

本书对国内外公共安全宽带专用移动通信网络的现状与发展趋势进行全面研究，阐述公共安全专用移动通信技术的发展历程，分析公共安全宽带专用移动通信的应用需求和频谱需求，介绍国内外相关组织的研究进展状况，讨论网络建设与运营方案，全面阐述美国、英国、日本、韩国、澳大利亚、中国等国的发展现状、未来规划及实施措施，总结公共安全专用移动通信的发展趋势。

本书可为领导机关决策提供支撑，还可为相关科研人员及时了解国内外公共安全通信领域的发展动向提供全面参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。
版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989　13701121933

图书在版编目(CIP)数据

公共安全宽带专用移动通信网络——现状与发展趋势/公安部第一研究所 著. —北京：清华大学出版社，2017
ISBN 978-7-302-46807-3

Ⅰ. ①公… Ⅱ. ①公… Ⅲ. ①移动网－安全技术－研究 Ⅳ. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 052720 号

责任编辑： 王　军　韩宏志
封面设计： 常雪影
版式设计： 牛静敏
责任校对： 曹　阳
责任印制： 杨　艳

出版发行： 清华大学出版社
网　　址： http://www.tup.com.cn，http://www.wqbook.com
地　　址： 北京清华大学学研大厦 A 座　　**邮　　编：** 100084
社 总 机： 010-62770175　　**邮　　购：** 010-62786544
投稿与读者服务： 010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质 量 反 馈： 010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
印 装 者： 三河市中晟雅豪印务有限公司
经　　销： 全国新华书店
开　　本： 148mm×210mm　　**印　　张：** 7.625　　**字　　数：** 205 千字
版　　次： 2017 年 4 月第 1 版　　**印　　次：** 2017 年 4 月第 1 次印刷
印　　数： 1~1000
定　　价： 68.00 元

产品编号：073325-01

编写组成员

樊海珍　蒋庆生

赵　洋　钱志红

杨全民　徐贵森

钟　鑫　符东昇

朱　彤　王瑜琦

陈甜甜　王为民

任武能　卢　煜

姚　兰　陈　妍

序

20 世纪 90 年代以来，传统窄带数字集群技术体制(如 TETRA、P25 等)为公共安全、交通运输、石油化工等行业提供了安全、可靠和稳定的通信保障，显著提高了通信能力。随着社会的进步和科技的发展，各行各业的工作方式发生了改变，公共安全机构也是如此，正越来越多地依靠移动通信进行指挥和办公。伴随这一进程的推进，公共安全机构对具有现场视频、高速数据传输等功能的宽带移动通信的需求日益强烈。

但是，由于公共安全宽带移动网络的建设需要从频率资源、建设资金、网络可用性和安全性等方面进行综合考虑。为此，美国、加拿大、日本、韩国、澳大利亚和欧洲多国进行了广泛调研，总结出一系列具体的宽带移动通信应用方法，研究未来公共安全移动通信对频谱的需求，分析各种宽带应用所需频谱大小，积极寻求解决频谱分配问题的办法，并根据本国的实际情况，选择适合本国国情的解决方案。这些国家已经或者正在制定国家层面的公共安全宽带移动网络建设规划，致力于完成专用频段的分配，提出多种全国性措施促进公共安全宽带移动通信网络的建设，计划在 2020 年前后建成公共安全宽带移动通信网络。

我国对新一代专业移动通信网的发展给予了大力支持。从 2006 年开始，宽带无线多媒体系统的研究被列为《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006～2020 年)》中确定的 16 个重大科技专项之一的“新一代宽带无线移动通信网”课题的一个主要研究方向。这一课题从技术验证到标准化研究，涵盖了对新一代专业移动通信在系

统架构、宽带无线接入、音视频编解码、安全、终端及芯片等方面的深入研究，并针对多种特殊行业的应用需求，推动产业化发展，形成具有中速、高速和超高三种模式融合且可控可管的宽带无线多媒体集群系统。该项研究课题对我国无线多媒体集群系统的发展具有明确和深远的指导意义，今后，国家将对新一代专业移动通信网的应用示范和产业化给予进一步支持。

我所自20世纪60年代就开始就从事移动通信的设计、开发和生产，研发了常规通信系统、警用功能级通信系统和集群通信系统，包括150MHz和350MHz频段的各种通信设备及配套器材。这些设备已为我国数百个城市组建了警用通信网，还援助了缅甸、柬埔寨、越南、尼泊尔、塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦等国。近年来，我所注重无线移动通信技术的研究，承担了“新一代宽带无线移动通信网”国家科技重大专项中“宽带多媒体集群系统技术验证(中速模式)”课题，发起成立“公共保护与救灾宽带无线通信技术论坛”，牵头编制公安通信标准《宽带无线多媒体集群系统总体技术要求》，组织召开以“创新移动应用，助力公安改革”为主题的技术研讨会，为我国无线多媒体集群系统的发展做了很多扎实有效的工作。

本书是我所多年研究宽带无线移动通信的成果之一。书中重点介绍了国内外在发展这一技术方面的最新进展，以期为我国发展专业移动通信提供借鉴和参考。

是为序。

公安部第一研究所所长

目　　录

第 1 章　公共安全专用移动通信概述

1.1　发展历程

自 20 世纪 80 年代以来，公共安全专用移动通信技术的发展经历了三个重要阶段：窄带模拟集群阶段、窄带数字集群阶段和宽带数字集群阶段。

1985 年，英国邮电部正式发布了 MPT1327 信令，标志着公共安全专用移动通信进入了模拟集群时代。MPT1327 是专用陆地集群移动通信信令标准，定义了集群系统控制器与移动终端之间的通信规则，采用专用的控制信道传输信令。MPT1327 可以应用于规模大小不同的集群系统，定义了丰富的用户和系统功能，由于只规定了空间信令规则，对系统如何实现信令没有强制性规定，因此具有较大的灵活性。凭借其低廉的建设成本，在世界范围内得到了广泛应用。1995 年，我国公安部门第一套 350 MHz 的 MPT1327 信令窄带模拟集群系统建成投入使用，这是我国公安部门第一个 350MHz 的集群移动通信网络。

1998 年 3 月，国际电信联盟(ITU)发布了《用于调度业务的频

谱利用率高的数字陆上移动通信系统》，推荐了 7 个数字集群通信技术标准，包括：美国的 Project 25、法国的 TETRAPOL、瑞典的 EDACS、美国摩托罗拉的 DIMRS(即 iDEN)、日本的 IDRA、欧洲的 TETRA 以及以色列的 FHMA。与模拟集群系统相比，数字集群系统具有频谱利用率高、信号抗信道衰落的能力强、保密性好、支持业务种类多(除数字语音信号外，还可以传输数据、图像信息等)、网络管理和控制更加灵活有效等优点，因此，数字集群技术得到了广泛应用，并取得了良好的社会效益和经济效益。2004 年，我国公安部颁布 TETRA 数字集群公安行业标准，从此我国的公安专用移动通信网络跨入数字时代。但由于 TETRA 核心技术、加密算法等仍掌握在国外厂商手中，专利壁垒高筑，而且 TETRA 的空口加密技术不予公开，我国无法自行加密，造成诸多安全隐患和不便。痛定思痛，公安专网需要中国人自己的集群技术，国内一批专网通信设备厂商承担并圆满完成了中国自有警用数字集群标准(PDT)的研发重任。2014 年，公安部将具有自主知识产权的 PDT 确定为公安警用数字集群唯一标准，标志着我国公安专用移动通信网络正式走上全面国产化发展道路。

虽然目前公共安全机构使用的专用移动通信仍以窄带数字集群通信系统为主，但通过宽带通信技术实时获取图像、视频等信息的优点是显而易见的，公共安全机构对数据传输速率高的宽带应用的需求日益强烈。2010 年 3 月，美国联邦通信委员会正式发布了“国家宽带计划”，针对提升全美公共安全机构的宽带通信问题，建议在 700MHz 频段分配总共 20MHz 的公共安全宽带专用频谱，并提出采用商用技术(如 LTE)建设全国性公共安全宽带专用移动通信网络。至此，拉开了全球公共安全专用移动通信向宽带通信演进的序幕。

自 2010 年起，众多传统专用通信设备研发厂商纷纷与具有 4G 技术优势的商业通信设备研发厂商签署战略合作协议，共同研发面

向专业用户的宽带专用移动通信技术，并提出了多个技术解决方案。2012 年，在世界无线通信大会(WRC-12)上，为公共安全宽带专用移动通信网络找出一段全球或区域统一的宽带专用频谱，已经成为世界各国的共识。2015 年 2 月，国际电信联盟发布《根据第 646 号决议处于 UHF 频段的公共保护和救灾系统的无线接口标准》(ITU-R M.2009 建议书)，建议在部署公共安全宽带专用移动通信网络时采用 8 个宽带无线接口标准(详见 4.1 节)。2015 年 11 月，在世界无线电通信大会(WRC-15)1.3 议题中，各国经过讨论，为促进全球公共安全宽带专用移动通信的发展，大会鼓励各国将 694~894MHz 频率范围用于宽带专用移动通信网络，以便各国在实施跨国、跨区域的应急救援时能够采取协调一致的行动。

至此，公共安全宽带专用移动通信进入了快速发展期。

1.2　公共安全专用移动通信系统的特点

1.2.1　网络和系统要求

公共安全专用移动通信网络与商业移动通信网络在许多方面存在差异，专用移动通信网络是为了保障关键任务通信，在覆盖范围、可靠性、安全性、时延以及优先级控制等方面，对网络和系统有着诸多要求，表 1-1 和表 1-2 分别列出公共安全专用移动通信网络和系统的具体要求。

表 1-1　公共安全专用移动通信网络要求

要求	描述
可用性	必须确保网络具有高可用性，确保在任何时间的网络可用性达到 99%以上
可控性	必须保持网络高度可控(如允许优先接入网络等)

(续表)

要求	描述
覆盖范围	公共安全专用移动通信网络覆盖范围与商业网络完全不同，不是以保证人口密集区的通信量为主，而是要尽量扩大地理覆盖范围(如英国的要求是覆盖范围至少达到国土面积的 99%)
安全性	认证、空中加密和端到端加密(具体的安全性由国家安全和认证需求主导，各国的政策是不同的)
低时延	对于呼叫的建立时间有明确的要求，一般不能超过 200 毫秒
互操作性	对于不同机构，如治安、消防和急救机构之间，要求通信系统能进行互操作。对于欧洲国家，还需要能在边境区域满足邻国公共安全机构通信的互操作性
可靠性	网络必须高度可靠，包括各个层面的冗余，对于不同基站的备用电源要求各不相同，有些基站要求具有 7 天备用电量
支持多种流量	一个综合网络需要能够提供多种流量，包括语音、数据和视频
无缝越区切换	当最高行进速度为 300 km/h(未来要求达到 500 km/h)时，可实现无缝越区切换

表 1-2　系统要求

要求	描述
漫游兼容性	当移动台漫游至专网宽带、商业网络或其他窄带技术体制网络中时，其应仍能够继续工作，可抗轻微干扰，但不会丢失之前的信息(如质量控制信息)。在不同网络中的漫游成为一种常态，认证、空中加密和端到端加密可继续工作而不受干扰

(续表)

要求	描述
不同网络的互操作性	窄带系统中的终端可与宽带系统的终端进行通信。端到端语音加密、数据包等仍能继续工作
优先机制	应具有优先机制来决定接入的顺序，以及当系统拥堵时，控制服务质量降低的程度
服务质量	专网解决方案应能够管理具有不同服务质量需求的各种应用，具有低服务质量需求的应用应让具有高服务质量需求的应用优先传输。解决方案应具有设置服务质量的参数，并可进行动态管理
数据限流	当接收端连接质量下降或接收端从宽带网络切换至窄带网络时，应可快速控制数据源端(如视频)的流量，以避免建立无法传送的数据包连接
视频数据传输控制	有些操作需要高分辨率、实时视频传输，而有些情况不需要。解决方案应可支持限制高分辨信道数量，以减少拥塞
维护	网络管理接口和协议负责进行网络更新，并可通过空口管理终端用户

1.2.2　现有的技术

依据技术所支持平均数据传输速率的快慢，可将公共安全专用移动通信技术分为三种：

窄带技术(NB)：窄带技术是指其所支持的应用主要进行以语音为主的通信和低速率数据通信，其典型的数据传输速率可达每秒几十 Kb，最大信道带宽为 25kHz。目前，在公共安全领域应用最为广泛的窄带数字集群通信技术有 TETRA、TETRAPOL、Preoject25 和

PDT，这些技术主要用于建设需要大覆盖范围的专用移动通信网络。业内通常将这些技术称为专业或专用移动通信技术(PMR)，但在北美一般称为陆地移动通信技术(LMR)。专用移动通信技术不仅应用于公共安全领域，还被其他众多行业广泛采用，如运输业、工业甚至军队。

中速宽带技术(WB)：中速宽带技术通常是在原有的窄带技术标准上研发的，在原有窄带系统上平滑过渡，其数据传输速率能达到每秒几百 Kb(例如 384~500Kb/s)。例如，TETRA 增强型数据业务通过增加更高效的调制方式，在 150kHz 带宽内最大传输速率可达 691.22Kb/s。但是，相比窄带技术而言，中速宽带技术并没有得到广泛应用。这是因为中速宽带技术不足以满足公共安全机构未来的数据通信需求，以至于大多数机构没有选择对其窄带网络进行中速宽带升级。

宽带技术(BB)：与中速宽带技术相比，宽带技术能够支持更高的数据传输速率，如高分辨率视频传输。宽带技术最初主要用于小范围的公共安全应用(例如 1km^2 或者更小的范围内)，数据传输速率每秒可达几 Mb。小范围宽带通信为公共安全机构带来了多种新的应用，包括点对点视频传输和 ad hoc 网络应用。这种情况下，促进了特殊通信装备的发展以满足公共安全机构的需求，如无线图传设备。这些通信系统大多基于 Wi-Fi 接口标准，能够部署在公共频段上，如 2.4GHz 和 5.8GHz 的 Wi-Fi 频段；或者是部署于固定频段，如 4.4GHz(某些国家用于军队)和 4.9GHz 频段(某些国家用于公共安全)。但是，除了在小范围使用宽带通信技术外，公共安全机构对宽带通信的需求已经转移到更大范围。这种情况下，当下主流的商用 LTE 技术被认为是公共安全宽带通信的首选技术。

各种公共安全专用移动通信应用的特征和实例见表 1-3。

表 1-3　公共安全专用移动通信应用的特征与实例

技术	应用	特征	实例
窄带(NB)	语音	单对单	语音通话
		单对多	调度和群组通话
		脱网直通	在无网络覆盖区域通话
		PTT 对讲	优先级可控
	短消息	单对单	状态、短信
		单对多(广播)	调度、警报、地址、事件状态等
	安全遥测	位置状态、传感器数据	人员伤亡警报、GPS 经纬度信息、车辆状态遥测、心电图数据
	数据库交互(最少的数据量)	基于表单的查询记录和报告填写	登录驾照数据库
中速宽带(WB)	短消息	带有附件的电子邮件	收发邮件
	数据库交互(中等的数据量)	表格和记录查询	查询失踪人员记录、登录地理信息系统
	文本文档	数据传输	从事故现场填写报告
	图像	上传/下载压缩图片	生物特征(指纹、人脸)、ID 图片、建筑物布局地图
	视频	上传/下载压缩视频	视频片段、事故现场视频反馈(低分辨率)
宽带(BB)	登录数据库	内部网或互联网	查询各类数据库
		Web 浏览	查看网站信息
	机器人控制	远程遥控机器人	排爆机器人
	视频	实时传输视频	现场实时传输视频、从无人机平台拍摄视频
	图像	高分辨率图片	下载高清图片

1.2.3　典型窄带数字集群通信标准

目前应用最广泛的五种技术标准情况见表 1-4。

表 1-4　窄带数字集群通信标准概况

参数	TETRA	TETRAPOL	Project25	DMR	PDT
调制方式	π/4DQPSK	GMSK	QPSK 中的 C4FM 和 CQPSK	4FSK	4FSK
多址方式	TDMA	FDMA	FDMA	TDMA +FDMA	TDMA
在频带宽 (kHz)	25	12.5 或 25	12.5 用于 C4FM 6.25 用于 CQPSK	12.5	12.5
语音编码	ACELP	RPCELP	IMBE	AMBE 或 SELP	NVOC
小区半径 (km)	3.8~17.5	8~28	7.6~35	5~35	6~40
制定组织	欧洲电信标准化协会	法国国防部	美国公共安全通信官员协会、美国电信行业协会等	欧洲电信标准化协会	PDT 联盟
直通模式	有	有	有	有	有
载波速率 (Kb/s)	36	8	9.6	9.6	9.6
模拟兼容	不兼容	兼容	兼容	兼容	兼容

1. TETRA

(1) 概述

1995 年欧洲电信标准化协会(ETSI)制订了数字集群通信系统标准 TETRA。

TETRA 可在同一技术平台上提供指挥调度、数据传输和语音服务，它不仅具有多群组的调度功能，还能提供短数据信息服务、分组数据服务以及全双工数字移动语音服务。TETRA 数字集群系统还支持功能强大的移动台脱网直通(DMO)方式，可实现鉴权、空中接口加密和端对端加密。此外，TETRA 还具有虚拟专网功能，可以使一个物理网络为互不相关的多个组织机构服务，并具有丰富的调度功能、更高的频率利用率、高通信质量和灵活的组网方式，诸多应用(例如车辆定位、图像传输、数据库查询等)都已在 TETRA 系统中得到实现。

TETRA 采用时分多址 TDMA 方式，一帧内划分 4 个时隙，每个时隙传输速率为 7.2Kb/s，每个时隙 14.167ms，帧长 56.67ms；其帧结构为 3 层，由 18 帧组成复帧，长 1.02s，再由 60 个复帧组成高帧，长 61.2s；其载波间隔为 25kHz，语音呼叫占用一个信道，数据传输可占用 4 个信道；采用 ACELP 语音编码和 π/4-DQPSK 调制方式，支持蜂窝式连续覆盖。

2007 年 6 月，欧洲电信标准化协会第 4 工作组(WG4)提出了两种高速数据业务的解决方案——TAPS 和 TEDS。TAPS 是先进的分组业务，其在 200kHz 内数据传输速率约为 380Kb/s，但仅支持数据业务，并且由于频谱问题未得到解决，已不再继续发展。TEDS 是 TETRA 增强型数据业务，它在现有系统平台上平滑过渡，在 150kHz 带宽内可传输超过 500Kb/s 的数据业务。相对较早的标准，TEDS 增加了以下主要内容。

- 空中接口调制方式从单一的相位调制方式 π/4-DQPSK，增加为多种调制方式：π/ 4-DQ PSK、π/8-D8PSK、多载波 4 QAM、16 QAM 和 64 QAM；
- 射频信道带宽从单一的 25 kHz 增加为 25 kHz、50 kHz、100 kHz 和 150 kHz，用以支持数据传输；
- 基带传输速率从单一的 36Kb/s 增加为多种速率：25 kHz 射频带宽内最高传输速率达到 115.2Kb/s，150 kHz 射频带宽最高传输速率达到 691.22Kb/s；
- 增加了针对 QAM 调制方式的信道编解码。采用并行级联卷积码(PCCC)以及交织和扰码技术；
- 针对分组数据业务和多媒体业务，高层协议增加了分组数据协议(PDP)和多媒体交换层(MEX)。

(2) 应用情况

目前，欧洲、亚洲、非洲、拉丁美洲的 118 个国家和地区采用了 TETRA 系统，主要应用于制造业、能源、公共安全、交通、水利、社会服务、军队等领域。欧洲大多数国家的公共安全机构采用了该标准，并建设了覆盖全国的 TETRA 网络，主要有：英国的 Airwave 网络、挪威的 NPSR 网络、丹麦的 SINE 网络、芬兰的 VIRVE 网络、荷兰的 C2000 网络、比利时的 ASTRID 网络和德国的 BOSNET 网络等。

2. TETRAPOL

(1) 概述

TETRAPOL 是一种能提供数字语音和数据传输的集群通信标准，最初由法国国防部为满足公共安全市场需求而开发。世界上最早建成 TETRAPOL 网络的是法国警察和法国宪兵部队使用的数字加密无线通信网络(1988 年)。现在 TETRAPOL 标准由两大组织(TETRAPOL 论坛和 TETRAPOL 用户俱乐部)提供技术支持(包括标

准的改进和完善)。

TETRAPOL 系统除提供单呼、组呼和电话呼叫等常用功能外，还支持包容呼叫(能将一次呼叫任务扩展到 5 方通话)、呼叫前转(可以定义呼叫转移发生的条件)、呼叫传递(由调度员接到呼叫申请确认后传递给被叫方)、预定义广播呼叫(支持对预定义区域、预定义成员的语音和数据呼叫)、紧急呼叫(可设置信道预占优先模式或由调度台建立的优先权限呼叫模式)。TETRAPOL 系统还支持一些特殊呼叫方式：预占优先呼叫(优先级很高的呼叫方式，可以强拆并占有资源，向相关组织或个人及调度台发出呼叫)和直通模式下的紧急呼叫。

TETRAPOL 还提供广播无应答式数据呼叫、电路模式数据服务(数据传输基于电路模式，两个终端间或一个终端和一个网关间进行标准速率的通信)、有线分组数据(提供两个终端间的连接，基于 X.25 协议，也提供通过 TETRAPOL 网络实现终端与外部 PDN 和计算机之间的连接)、无线分组数据(由基站向一个或多个终端发送数据包)、短数据业务、状态信息(发送预定义的信息)、TCP/IP 接入(允许终端接入符合 TCP/IP 标准的网络)。TETRAPOL 的数据业务内容广泛，支持在线更新数据库，支持包括电子邮件、SMS 和状态信息、IP 交换、标准数据接口和 API 应用等在内的数据业务。

TETRAPOL 系统支持的频段为 70～520MHz，采用 FDMA 多址方式，单信道带宽为 12.5kHz 或 10kHz，现普遍采用 12.5kHz。调制方式为高斯最小移频键控(BT=0.25)，其频谱利用率比 π/4DQPSK 高，语音编码采用 RPCEIP 编码，天线采用分集接收，大区覆盖方式。载波干扰比(C/I)为 15db，可以使用 12 蜂窝频率区域复用。

TETRAPOL 系统使用的加密功能是其一大特色：加密可以使用 TETRAPOL 建议的标准算法或特定算法，由通话的终端之间进行鉴权加密，基站和路由设备等网络基础设施不需要加密和解密模块，这样可以保证整个通话过程的安全性，信号在基础设施中传输时不

会泄密。在直通和转信模式下也可以选择加密，端到端的加密对用户而言完全透明，并且自动定期改变密钥，不会干扰网络正常运行。使用终端和网络间相互验证的方式，防止非法终端入网和避免冒充站址。

TETRAPOL 没有中速宽带演进的方案。

(2) 应用情况

TETRAPOL 的应用遍及 35 个国家、91 个网络，拥有 185 万用户。其中 15 个国家采用了 TETRAPOL 标准建设全国网络，包括法国、瑞士、捷克、墨西哥、新加坡、罗马尼亚和西班牙等。

3. Project25

(1) 概述

Project 25(简称 P25)由美国公共安全通信官员协会(APCO)、国家电信董事会(NASTD)和其他一些联邦机构于 1989 年共同提出。美国电信行业协会(TIA)TR-8 工作组负责管理所有涉及 P25 系统、服务(包括定义、互操作性、兼容性和一致性等)等方面的事务，并制定了 102 系列技术文档。根据美国电信行业协会的规划，Project25 技术分成 3 个“Phase”。

在 Phase I 中，P25 系统在 12.5 kHz 模拟、数字或混合模式下工作，使用 C4FM、CQPSK 等调制方式，其信道传输速率为 9.6Kb/s。此外，P25 标准还向 RF 子系统提供开放接口，以便不同 P25 系统之间的互联互通。目前，美国国内大部分销售商提供的是 Phase I 系统，这些系统均可实现向下兼容性和跨 P25 系统的互操作性。

在 Phase II 中，多址方式采用 TDMA 和 FDMA，其目的在于提高频谱利用率。同时，还特别重视与已有设备之间的互操作性、中继器和其他子系统之间的接口、漫游能力以及频谱效率/信道复用等。此外，Phase II 还涉及中继器和其他子系统之间的控制台接口、控制台操作员的人机界面等工作。

在 Phase III 中，美国公共安全通信官员协会意识到公共安全领域对于高速数据的需求，为此建立了 P25/34 委员会来实现本阶段的工作，主要解决公共安全专用宽带通信的标准问题。利用这些标准，可以在网络中传输和接收图片、视频等高速数据。基于这个需求，欧洲电信标准化协会和美国电信行业协会于 2000 年共同成立了 Project MESA 项目组，旨在形成各国间统一的数字移动宽带系统及设备标准。虽然最后该项目没能实现最初的目标，却在世界范围内产生了深远影响。

(2) 应用情况

在全世界范围内，包括美国、加拿大、澳大利亚、南非等在内的许多国家都采用了 P25 系统；就应用领域而言，除了用于公共安全行业，P25 还被机场、运输、石油和化工等对专业通信有需求的行业采纳。就典型用户而言，有美国内政部、达拉斯国际机场、新西兰警察和加拿大皇家骑警等。在这些应用案例中，P25 基本上还处于 Phase I 或 Phase II 阶段，主要业务以语音为主。

目前，P25 广泛应用于北美地区公共安全机构。美国国土安全部紧急通信办公室与互操作互兼容办公室在其联合制定的《2010 财年 SAFECOM 联邦资助计划推荐指导》中明确规定，所有新的数字语音系统必须符合 P25 标准。

4. DMR

(1) 概述

数字移动无线通信(DMR)标准于 2005 年正式发布，是由欧洲电信标准化协会为专业移动通信用户(PMR)制定的数字无线通信标准。DMR 协议涵盖民用(第 1 级)、常规(第 2 级)和集群(第 3 级)等运营模式，商业应用主要集中在第 2 级和第 3 级授权类别。

DMR 标准专为信道间隔为 12.5kHz 的全球陆上移动频段而设，并将满足未来对于 6.25kHz 信道间隔的监管要求，该标准明确规范

出了一个使用简单且更具效益的数字系统。DMR 支持语音通信、数据传输和其他补充服务。DMR 标准提高了频谱使用率，带来了更大的通信容量，提高了通信效率，节约了使用成本，让用户获得更清晰可靠、更便捷高效的无线通信服务。

虽然 DMR、TETRA、P25 和 MPT1327 均基于开放式的通信标准，但各自拥有不同的协议和目标市场(例如，TETRA 和 P25 就为公共安全组织广泛使用)，且在技术上不兼容。欧洲电信标准化协会制定的另一个标准 dPMR 曾被认为是 DMR 在商业市场上的强劲对手，但根据此标准制造的产品主要面向低功率、民用免费频点的产品市场，适合个人使用、娱乐消遣、小批量零售以及其他不要求宽带覆盖或高级功能设置的用户。

与模拟及 TETRA 无线通信系统相比，DMR 基站的覆盖范围大约是前两者的 2 至 3 倍。因此，对于相同的覆盖范围，DMR 系统需要更少的基站，建网成本更低，一个中等规模的 DMR 系统的花费只有 TETRA 的 1/3～1/5。另外，这些系统的功能几乎没有任何差别(数字加密、GPS 定位、消息收发等)。

与 TETRA 相比，DMR 技术的主要优点是：

- 音频性能好；
- 用户容量增大一倍；
- 降低基础设备成本；
- 电池使用寿命更长，效率更高；
- 保密性强；
- 数据应用程序简便易用；
- 兼容现有模拟系统且可分阶段切换至 DMR 数字系统；
- 完全开放、良好的基础以及广泛支持的标准保证了其供应的稳定性。

(2) 应用情况

由于 DMR 技术体制发展比较晚，其应用还比较少，但未来将占有一定市场，主要依据是：第一，专业模拟通信系统要向数字系统过渡，第二，DMR 采用的 12.5kHz 带宽可满足部分国家的要求。2004 年 12 月，美国联邦通信委员会强制所有使用 512MHz 的专业用户，统一切换至 12.5kHz 窄带带宽，并于 2013 年 1 月 1 日前完成数字制式的切换。同时，从 2011 年 1 月 1 日起，所有使用 12.5 kHz 带宽(或更低)的用户，将被允许搭建新系统或扩展其现有系统。在政策时限与使用效率等因素的考虑下，数字通信系统的更换势在必行。

5. PDT

(1) 概述

PDT 标准是中国具有自主知识产权的集群通信标准，主要定位于公共安全、公共事业、工商业等专业用户群体。PDT 标准充分考虑了中国国情，借鉴了国际上的成熟标准技术(如 TETRA、P25、DMR、MPT1327 等)，并进行了创新设计，遵循高性价比、安全保密、大区制、可扩展和向后兼容五大原则，有效地解决了多种应急通信网融合通信的问题。

PDT 标准采用 TDMA(双时隙)多址方式、12.5kHz 信道间隔、4FSK 调制方式，数据传输速率为 9.6Kb/s。在满足基本业务的同时，增加了同播、动态频率资源管理等创新功能。PDT 第二阶段标准将着眼于提升数据传输速率，以及宽带业务功能的应用。

PDT 标准主要面向国内公安机关，兼顾县、市、省、国家的不同级别用户需求及网络实际建设需要，既支持低成本单基站系统通信，也能做到高效的大区制覆盖，满足诸如四级联网的全国范围公安应急通信指挥网的建设要求。在地震、风灾、社会治安等紧急突发事件中，能迅速接入公安现有 GIS 调度平台，实现灵活组网、高

效率指挥调度、高质量语音及数据传输等功能，并具有迅速响应、安全保密等优势。

PDT 标准具有以下优点：高效利用频谱资源，大区制组网方式，国产加密算法加解密，厂家系统互联互通，从模拟 MPT1327 平滑过渡到数字集群。其业务功能丰富，可扩展，向后兼容，同时系统和终端成本较低，网络建设速度较快，总体运维成本较低。综合来看，PDT 标准在专业无线通信领域具有长期的竞争优势，其自主安全加密技术特别适合满足公共安全用户的保密需求。PDT 的主要特点是：

- 数字语音，抗干扰能力强，语音质量更好；
- 频谱利用率提高，信道数量增倍；
- 更省电，延长电池使用寿命；
- 大区制，建网成本低；
- 节约基础设施投资；
- 安全可靠的加密技术；
- 实现与模拟系统、终端设备平滑过渡；
- 具备完善的系统互联方案；
- 更丰富的调度功能；
- 可扩展的数据应用程序设计，投资回报率高。

(2) 应用情况

目前 PDT 在国内得到了广泛应用。截至 2016 年 6 月，26 个省(自治区、直辖市)开展了 PDT 系统建设，已建和在建系统 200 余套，建设基站 4000 余个，配备电台 25 万余部。其中，新疆建成了覆盖全区的 PDT 联网系统，北京、天津、重庆、黑龙江、内蒙古、浙江、江苏、四川等地开展了较大规模的系统建设应用，公安 PDT 系统现已开始推荐全国联网工作。

1.2.4　现有系统的主要限制

目前，许多国家公共安全机构使用的专用移动通信系统存在以下三方面限制：

第一，在应急场景下通信网络容量不足。公共安全专用移动通信网络的管理维护人员通常会根据系统的日常应用情况对系统进行优化，但当发生紧急情况时，通常事发地的通信流量会剧增，导致网络拥塞。当事发地的部分网络基础设施损坏时，情况会变得更加糟糕。

第二，缺乏互操作性。不同的公共安全机构使用的专用移动通信系统很难实现互操作，即使采用的是同一种技术，也会由于安全、加密等原因无法相互通信、共享信息。这种孤岛式、互相割裂存在的通信系统，不仅增加了通信系统本身的运行成本，更重要的是降低了决策指挥的有效性。

第三，在功能和通信容量上无法满足宽带通信需求。公共安全机构需要在事件响应人员之间、响应人员和指挥官之间共享更多的信息，需要与重要数据库进行信息交互，而现有系统在功能上和通信容量上无法满足宽带通信需求。

1.3　监管和标准化

通常，各国政府和公共管理机构根据本国的国情，制定符合本国需求的公共安全通信监管法律法规以及技术框架(如频率、标准)。但由于各国的国情不尽相同，因此各国公共安全通信的管理、组织、运维和技术框架往往会有很大不同。尽管如此，各国管理规定也需要与国际规定和相关协调措施相结合。有关公共安全通信的国际管理规定和技术协调措施对促进各国在公共安全方面以及应对灾害方面的跨境合作也至关重要。

在国际层面上，国际电信联盟在公共安全通信监管和标准化方面发挥了核心作用。在国家层面上，各国政府主管机构和通信标准化组织发挥了积极作用。这些组织包括：国际电信联盟(全球)、美国电信行业协会(TIA)、加拿大 ICT 标准咨询委员会(ISACC)、欧洲电信标准化协会(ETSI)、日本无线电行业和业务协会(ARIB)、韩国电信技术协会(TTA)和中国通信标准化协会(CCSA)等。

1.3.1 国际电信联盟

国际电信联盟下设三个部门：电信标准化部门(ITU-T)、电信发展部门(ITU-D)和无线电通信部门(ITU-R)。在公共安全通信方面，这三个部门均有涉及。

电信标准化部门有 10 个研究组，其开发的各种技术标准，促进了公共电信服务和系统在公共安全通信方面的应用。虽然电信标准化部门不直接参与公共安全通信方面的工作，但它提出的建议对实施互操作系统至关重要，能够使公共安全人员在某些情况使用公共电信设备和服务。

电信发展部门由原来的电信发展局(BDT)和电信发展中心(CDT)合并而成。其职责是鼓励发展中国家参与国际电信联盟的研究工作，组织召开技术研讨会，使发展中国家了解国际电信联盟的工作，尽快应用国际电信联盟的研究成果；鼓励国际合作，为发展中国家提供技术援助，在发展中国家建设和完善通信网。在公共安全通信方面，电信发展部门主要参与了与救灾通信有关的事宜，包括建立伙伴关系，向灾害多发国家提供直接援助，如技术援助、运营成本支持、捐赠卫星电话给灾区，以及支持地震和海啸灾区电信基础设施的恢复和重建项目。

无线电通信部门实际上是一个直接参与制定公共安全移动通信规范和标准化的部门，其核心任务是确保无线电通信和卫星服务机构合理、公平、高效和经济地使用无线电频谱，管理和政策职能

由各个研究小组支持的世界无线电通信大会(WRC)履行。大会每3~5 年举行一次，通过的决定纳入《无线电规则》(RR)条约。自 2000 年起，无线电通信部门一直在推动公共安全专用通信技术的发展和全球统一频率的划分。

1.3.2　美洲地区

在美国，绝大多数公共安全专用通信网络采用的仍是基于 Project25 标准的窄带数字集群通信系统，Project25 和其他公共安全通信相关的标准化工作在美国电信行业协会主导下进行。2012 年 2 月，美国通过了《中产阶级减税及创造就业法》，根据该法案的要求，美国成立了隶属于国家电信与信息管理局(NTIA)的“第一响应人员网络机构”(FirstNet)，推动美国公共安全专用移动通信网络的建设。与此同时，美国国家公共安全通信委员会(NPSTC)和美国公共安全通信官员协会(APCO)于 2013 年建立了伙伴关系，共同推动公共安全宽带专用移动通信相关技术标准的研究。此外，美国国家标准技术研究所和国家电信与信息管理局还共同制定了公共安全通信研究计划，协调全美国范围内公共安全 LTE 网络互操作性测试和标准的研究工作。

在加拿大，公共安全专用移动通信主要采用了 P25 标准和 DMR 标准。目前，加拿大已经在 700MHz 频段分配了 10MHz 频谱，用于国内公共安全宽带业务之需。同时，加拿大还加强与美国的协调，以能够在这些频段内进行跨境通信，并建立机制/协议以避免干扰问题。

巴西也在 700 MHz 中分配了公共安全宽带专用频谱。作为 2014 世界杯足球赛基础设施的一部分，巴西军队在特定地区已开始运行专用宽带移动通信网络。

另外，美洲国家组织与巴西的办法一致，建议北美、中美和南美国家考虑在 700MHz 频段内分配公共安全宽带专用频谱。

1.3.3 亚太地区

在日本，目前公共安全机构使用的窄带通信网络采用了由日本无线工业及商贸联合会制定的 IDRA 标准。2012 年，随着日本完成模拟电视广播向数字广播的过渡，日本利用这段频谱红利将 VHF 频段中的 32.5MHz(170~202.5MHz)分配给公共安全宽带通信使用。此外，无线工业及商贸联合会于 2011 年还制定了公共安全宽带专用通信的相关标准。

在韩国，韩国电信技术协会采用了欧洲的 TETRA 标准来建设公共安全窄带数字集群系统，韩国通信委员会(KCC)为该系统分配了 806~811MHz 和 851~856MHz，共计 10MHz 频谱。目前，该系统已经覆盖了韩国的主要城市和主要高速公路。2014 年 7 月，韩国政府启动了 SafeNet 项目，通过了在 2017 年以前利用 LTE 技术在全国建设公共安全宽带网络的计划。

在澳大利亚，澳大利亚通信及媒体管理局(ACMA)采取了一系列措施来改善澳大利亚公共安全专用通信。在宽带专用频谱方面，已经在 800MHz 频段中分配 10MHz 频谱，还在 4.9GHz 频段为全国公共事业管理部门提供 50MHz 的共享频谱，旨在向重点地区提供高速数据通信能力。

在中国，中国通信标准化协会于 2012 年正式启动了宽带集群通信标准的研究工作，并于 2013~2014 年陆续发布了 B-trunC 系列标准，2014 年 11 月，该标准成为国际电信联盟推荐的宽带集群空中接口标准之一。2015 年，中国无线电管理局正式发布 1.4GHz 专网频率规划，将 1447~1467MHz 频段用于宽带数字集群专用系统，满足政务、公共安全、社会管理、应急通信等领域需求。

1.3.4 欧洲地区

欧洲作为世界上专业移动通信发展最好的地区之一，一直以来

十分重视公共安全通信的发展。欧洲邮电管理委员会(CEPT)、欧洲电子通信委员会(ECC)、欧洲电信标准化协会和欧洲各国正在对如何解决公共安全宽带频谱和技术问题进行研究，不但成立了专门负责频谱协调的项目组，还制定出发展专业宽带通信系统的路线图。2008 年 5 月，德国专业咨询机构 WIK 发布《安全第一：保护市民重新投资数字红利》报告，指出在泛欧洲范围内统一分配公共安全通信频谱的重要性，并认为欧洲部署专用宽带网络的最佳频谱范围是 400MHz～800MHz。2011 年 6 月，欧洲电子通信委员会正式成立了 FM49 工作组，计划在 2025 年之前完成公共安全宽带专用频谱分配，制定公共安全宽带通信技术发展的路线图，评估欧洲范围内 1GHz 以下的可用频谱资源，并考虑跨国界的通信互操作问题。2013 年 5 月，欧洲电子通信委员会发布了《未来欧洲宽带 PPDR 系统的用户需求和频谱需求》(第 199 号报告)，阐述了用户需求和欧盟对未来宽带公共保护和救灾系统(广域网)的需求。第 199 号报告的主要结论是未来欧洲公共安全宽带专用移动通信系统最少需要 2×10 MHz 频谱。2015 年 10 月，欧洲电子通信委员会发布了第 218 号报告《统一实施未来欧洲宽带 PPDR 系统的条件和频段》。报告指出，可通过“灵活统一”的概念有效地满足公共安全宽带移动通信的需求，并且能够在最大限度地实现“统一”的同时，让各国灵活选择解决方案。

参考文献

[1] Report ITU - R M.2033. Radio Communication Objectives and Requirements for Public Protection and Disaster Relief [R]. 2003

[2] 胡皓，郭志博. 专用数字集群 TETRAPOL 技术简介[J]. 警察技术，2005，(6):20-21

[3] ITU.Compendium of ITU'S Work on Emergency Telecommunications[EB/OL]. [2016-05-20]. http://www.itu.int/pub/D-HDB-WET-2007
[4] ETSI.ETSI TS 170 001(V3.3.1)Project MESA; Service Specification Group – Services and Applications; Statement of Requirements (SoR) [R]. 2008
[5] ETSI.ETSI TR 102 181 Emergency Communications (EMTEL); Requirements for communication between authorities/organisations during emergencies [R].2008
[6] 徐子平. TETRA 数字集群宽带化演进[J]. 军事通信技术，2008，(02):46-50
[7] 周千里.英国警界的TETRA数字集群应用[J]. 通信世界B，2009，(43):26-27
[8] 海能达公司. 海能达 DMR 技术白皮书[R].2010
[9] Motorola.Project25 interoperable communications for public safety agencies[R].2010
[10] 蒋庆生，陈妍. PDT 在公安无线通信“模转数”中的作用[J]. 警察技术，2010，(6):23-26
[11] ITU - D website on Emergency Telecommunications [DB/OL]. [2015-03-25]. http://www.itu.int/ITU - D/emergencytelecoms/
[12] ITU - T website on Emergency Telecoms.[DB/OL].[2015-03-25]. http://www.itu.int/ITU - T/emergencytelecoms/
[13] ITU - R website on Emergency Radio Communications. [DB/OL]. [2015-03-25]. http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=information&rlink=emergency&lang=en
[14] ITU - R Radio Regulations.[DB/OL]. [2015-03-25] http://www.itu.int/pub/R - REG - RR
[15] 蒋晨晖.浅谈区域性无线电国际组织[J].上海信息化，2015，

(11):78-82

[16] 陈雍君. 使命、荣光与挑战——回顾公安专网 20 年[J]. 移动通信，2016，40(10):71-74

[17] Supplement 62 to ITU－T Q series Recommendations, 'Overview of the work of standards development organizations and other organizations on emergency telecommunications service'. Available online at http://itu.int/rec/T－REC－Q.Sup62－201101－I(accessed 25 March 2015)

[18] National Public Safety Telecommunications Council (NPSTC), '700 MHz Public Safety Broadband Task Force Report and Recommendations', 2009

[19] EC Decision 243/2012/EU European Parliament and of the Council establishing a multi－annual radio spectrum policy programme (RSPP). Available online at http://eur－lex.europa.eu/legal－content/EN/ALL/?uri=CELEX:32012D0243 (2015-03-25)

[20] European Union Radio Spectrum Policy Group (RSPG), 'Report on Strategic Sectoral Spectrum Needs', Document RSPG13－540 (rev2), 2013

[21] ETSI TR 102 299, 'Emergency Communications (EMTEL); Collection of European Regulatory Texts and orientations', 2008

[22] Australian Communications and Media Authority (ACMA), 'Five－year spectrum outlook 2014–18', 2014

第 2 章　公共安全宽带专用移动通信需求

2.1　促进宽带需求增长的两大因素

目前，虽然公共安全专用移动通信仍以语音通信和短数据通信(例如状态消息、短信息和位置信息)为主，但通过宽带通信实时获取信息的优点是显而易见的。宽带通信网络不仅可以向现场的公共安全人员提供关于事件的最新发展态势以及更详细的数据(例如建筑物平面图、危险材料数据)，还能向指挥控制中心传送综合信息(例如来自事件现场的视频和图片)。同时，宽带移动通信网络还能承载许多新的应用，例如可穿戴式装备、先进的导航系统等，这些宽带应用将大大提高公共安全机构的工作效率。宽带通信在人们日常生活中变得越来越重要，同时也将成为公共安全人员不可或缺的支撑技术。

促进公共安全宽带应用需求增长主要有两大因素：

第一大因素是受信息通信技术发展的驱动，公共安全机构的工作方式正在逐步发生改变。宽带通信技术所带来的信息传输能力给公共安全机构的工作带来诸多益处。一是提高了公共安全人员的事态感知能力。现场人员和指挥中心之间以及现场人员之间能够共享

包括语音、数据和视频在内的多种信息，不仅可以提高指挥人员的态势感知能力，帮助指挥人员及时做出准确决策，还能使现场人员获取更多准确的信息，加快事件响应速度，提高事件响应成效。二是提高了指挥人员的移动指挥能力。指挥人员能够在临时指挥地点(例如正在行进的车辆中)获得更广泛的数据，如同在指挥中心一样，更好地掌控全局，并在第一时间将决策告知参与行动的人员。三是提高了公共安全人员的移动办公能力。公共安全人员通过手持终端即可进行文件传输、数据库查询、报告填写等，大大提高了工作效率。总之，公共安全人员工作方式变化的趋势就是要获取更广泛的移动数据，以提高工作效率，改善工作成效。

第二个重要因素源于利用现有系统进行移动数据通信所获得的经验。现在使用的移动数据通信应用已经证明了其对改善公共安全机构的工作是有效的(例如自动车辆定位和跟踪、短数据和状态数据消息、数据库查询/访问以及有限的图像和视频传输)。这些应用为移动数据的使用提供了坚实基础，并提出了新的期望，促使更复杂数据通信应用需求的增长。此外，在商业领域蓬勃发展的移动应用生态系统所展示的种种能力，使公共安全机构对更复杂的数据应用寄予厚望。各种具有巨大的处理能力和多媒体通信能力的移动计算设备(例如智能手机、平板电脑等)以及强大的多功能应用程序开发技术在商业领域的应用越来越广泛，不仅吸引了普通消费者，还吸引了企业和专业用户。在这方面，如果能够利用这一生态系统的核心技术，并且能够在公共安全机构内复制此技术，使之与更大规模的固定/移动宽带通信市场所驱动的主流技术发展相一致，这一点对公共安全机构来说至关重要、益处良多。

总之，宽带通信具有很大的潜力，它可以促进从目前占公共安全专用移动通信主导地位的以语音通信为中心的模式向以数据为中心的多媒体应用模式转变。这些宽带通信应用可能会使现场人员之间以及现场人员与指挥中心之间交换大量数据。但值得注意的是，

以数据为中心的公共安全宽带应用的真正价值在于对海量数据的有效分析。可以设想，随着技术的成熟，公共安全机构会看到更强大的应用，而不仅仅是数据交换。

2.2　国外以数据为中心的宽带多媒体应用需求

欧美各国对公共安全宽带专用移动通信的具体需求进行了大量调研和讨论，分析了各种以数据为中心的宽带多媒体应用在公共安全工作中发挥的作用。表 2-1 汇总了美国国家公共安全通信委员会(NPSTC)、欧洲电信标准化协会(ETSI)、欧洲电子通信委员会(ECC)确定的几组移动数据和多媒体应用，预计公共安全机构在短期和中期内将会广泛使用这些应用。虽然这些机构在描述公共安全宽带应用需求时所使用的术语略有不同，但可以看到应用重点和应用范围基本一致。表 2-2 对这些应用需求进行了总结，并进行简要描述。表 2-3 介绍各种应用的实际案例。

表 2-1　国外相关机构的研究结果

参考文献	应用
美国国家公共安全通信委员会 2012 年 6 月发布《公共安全通信评估(2012~2022 年)技术、运行及频谱路线图》	第三方视频接入(来自私人或政府的视频)
	定位信息(车辆和人员的位置信息)
	生物医学信息(病人、消防员)
	地理信息系统
	事件指挥视频会议
	短信和文件传输
	移动数据处理
	传感器技术
	视频传输(空中视频、车载视频、头盔视频)

(续表)

参考文献	应用
欧洲电信标准化协会2008年2月发布的TS 102 181报告：《应急通信需求》 欧洲电信标准化协会2009年10月发布的TR 102 745报告：《公共安全用户无线通信需求》	生物识别
	无线视频监控和远程监控
	视频传输(实时、非实时)
	图像传输
	自动车牌识别
	文件传输
	定位和追踪(人员和车辆的位置)
	公共安全人员健康监控(消防员)
	传感器网络
	电子邮件
	数字地图
	远程数据库登录
ECC于2013年5月发布的第199号报告：《未来欧洲公共安全宽带系统的用户需求和频谱需求》	视频传输(实时、非实时)
	图像传输
	事件信息下载
	指挥和控制信息传输
	下载和上传地图
	自动车牌识别
	病人监控
	远程医疗
	移动工作平台
	GIS 地图更新
	生物识别

表 2-2　以数据为中心的宽带多媒体应用需求

应用	描述
移动办公	接收邮件、连接内网，从事故现场或其他地点远距离传输报告等
图像传输	传输建筑物内损毁图像、疑犯图像、失踪儿童图像、事故现场受伤情况以及其他与案件有关的可作为证据的图像等
生物识别	使用各种生物识别系统，警察现场采集疑犯的生物特征，包括指纹、人脸和虹膜等，并将这些信息实时传回至相关平台进行比对，从而提高识别罪犯的效率
自动车牌识别	将拍摄的车牌图像实时传回总部，与位于总部的车辆犯罪数据库进行比对，以确认该车辆是否为被盗车辆，或者是否有其他违法行为
数字地图和定位服务	在追踪人或车时，提供类似于商用手持导航设备所能提供的简单信息，以及感兴趣地点的地图
远程访问数据库	远程登录数据库查询各类数据，警察在事件现场或巡逻中越来越多地需要查询各种数据库中的信息
人员情况监控	在应急响应中实时监控人员的健康情况(例如建筑物内的消防员或执行搜救行动人员)，其他应用还包括仪器仪表的监控(例如进入事故现场随身携带的设备)、车辆或个人报警器的监控，或者追踪行动人员的位置以及在应急响应中对人员的管理
传感器设备或网络	利用部署在事故现场的传感器收集数据并传回总部(如火灾现场建筑物内的热成像图像)，可以获知火灾的态势和建筑物损毁程度；通过固定或移动传感器实时采集现场数据和图像，并与参加行动的其他工作人员共享或传回总部，这可以使指挥人员第一时间获知现场情况，及时做出决策

(续表)

应用	描述
现场实时监控	现场行动负责人使用自动车辆定位和 GIS 功能，可以查看其责任区域，并在“地图”上实时监控移动人员的位置和状态。AVL 允许行动负责人选择移动人员的图标，并迅速查看其状态、任务、任务持续时间和其他相关信息
移动指挥	在发生重大、特殊事件时，为便于指挥，会向现场派遣移动指挥车，车上一般都会配备多种通信设备和事件管理应用工具，并配备无线电台、手机、传真机和卫星电话等。无线宽带连接允许指挥中心完成图片、视频和音频双向传输等任务，从而提高现场与非现场指挥人员的指挥控制和态势感知能力
非实时视频传输	采集事件现场的视频流，回到总部后，可将该视频流上传到总部设备中。可通过回看视频了解行动过程，但其质量还不足以用作证物或辅助实时决策
实时视频传输	现场实时视频可以为公共安全机构带来诸多益处。如果能将现场视频及时传送给响应单位、行动指挥和控制中心、行动监督者和应急管理者，可以显著改进公共安全机构响应重大事件的方式、方法。此外，若在公共安全机构之间实现视频广播，则能大大增强他们管控大事件的能力。将地理信息系统(GIS)、传感器数据和视频等集成起来，可以提供重要的“抵达前”信息，从而使相关部门的响应更加有效、迅速。在现场获取的视频则可以通过无线方式传送至指挥控制或移动指挥人员，因此提高其态势感知能力，并保障相关人员的安全

表 2-3 应用实例

场景 (信息来源)	应用情况
重大爆炸/炸弹袭击 (美国国土安全部)	● 向事发地区的控制室传输实时视频； ● 消防员进入损毁建筑，使用遥感勘测仪器监控楼内的人员和其他情况； ● 使用自动仪器探测是否还有其他爆炸物； ● 使用便携笔记本电脑在案发现场建立犯罪现场图解； ● 现场调查员记录的、作为证据的图像
交通检查 (美国国土安全部)	● 警车在现场向其他办公室和指挥中心传输的消息、警车 ID 和地理位置； ● 读取并向指挥中心发送嫌疑车辆车牌号，并将其与总部的数据库进行对比查询； ● 将数据库的查询结果发回警车； ● 向中央数据库传输并储存现场视频，供调度/指挥中心调取，并将信息连同视频转发至其他相关人员以逮捕嫌疑犯； ● 在案发现场采集嫌疑犯的生物特征，并储存、发送至指挥中心； ● 在负责抓捕的警车上传案件报告
城区大地震 (MESA 项目组)	● 在现场建立虚拟治疗中心、勘测建筑物的损坏程度、进一步明确伤亡者位置； ● 用于制作建筑结构、入口等草图的手持电脑； ● 建立移动指挥中心； ● 确定建筑物内部的危险区域、装备个人监控设备和定位追踪仪以监控进入危险区域的消防员

(续表)

场景 (信息来源)	应用情况
国际大型金融峰会 (英国内政部)	● 在会议现场建立移动指挥中心，建筑物内进行通信，建立会场周边控制，连接警方中央指挥中心、消防和救护机构； ● 使用各种类型的数据(图像、文本、语音、视频)，建立通用作战图； ● 一系列现场宽带移动应用，包括：个人认证系统(虹膜、面部)；救护服务，从会场和车辆向医院传输高质量视频流的能力；消防服务，从会场向指挥中心传输高质量视频流的能力(例如建筑内部平面图、结构图等)；从会场向中央指挥中心实时传送在会场采集的监控视频；追踪会场内人和物的能力
高层建筑大火 (ETSI)	● 涉及消防、救援和警方的快速反应； ● 使用带有警报的传感器进行人员保护和监控； ● 拍摄热成像视频，并传输给指挥人员； ● 现场的财产追踪； ● 传输现场视频； ● 周边区域控制，追踪所有进出固定地点的车辆； ● 数据采集和控制仪器，采集数据，并将数据输送至事发现场的决策点

2.3　公共安全宽带多媒体应用的特点

如表 2-4 所示，从 13 个方面分析了公共安全宽带多媒体应用的特点，包括：

- **吞吐量**：对应用所需的通信吞吐量进行一个粗略的量化估计，分为低(L)、中(M)、高(H)三级。
- **使用时间**：对每个用户每个月使用该项应用的频率进行量化估计，L 表示少于 10 分钟、M 表示 10~30 分钟、H 表示 30 分钟以上。
- **用户数量**：对使用该应用的用户数量进行估计，其中 L 表示总用户中少于 20%的用户使用该项应用，M 表示 20%~70%的用户使用该项应用，H 表示有超过 70%的用户使用该项应用。
- **移动性**：该应用是否在移动情况下使用，分别用低(L)、中(M)、高(H)表示移动性。
- **质量**：用质量表示在通信过程中对短暂干扰的容忍程度，分别用无法容忍(L)、容忍程度中(M)、可容忍(H)表示。
- **启动准备时间**：是指公共安全人员使用该项应用需要的准备时间，用“ready”表示该应用需确保随时可用，用 L 表示启用前需要准备时间。
- **时延**：表示数据传输过程中对时延的要求，分别用低(L)、中(M)、高(H)表示。
- **连续运行的重要性**：表示该应用连续运行的重要性，分别用低(L)、中(M)、高(H)表示。
- **外围设备**：表示该应用是否需要其他外围设备，如 PDA 等。
- **屏幕**：表示该应用是否需要显示屏。
- **安全性**：表示该应用对安全性的要求(如保密性、完整性)，分别用低(L)、中(M)、高(H)表示。
- **多播/广播**：表示该应用是否具有多播或广播功能，如果需要，则用低(L)、中(M)、高(H)表示涉及的用户数量。
- **引入时间**：表示公共安全机构对引入该项应用的时间要求，分别用“Now”表示马上需要、用“S(Short)”表示 2 年内需要、用“M(Medium)”表示未来 2~5 年内需要、用“L(Long)”表示 5 年后需要。

表 2-4　公共安全宽带多媒体应用的特点

类型	吞吐量	使用时间	用户数量	移动性	质量	启动准备时间	延时	连续运行的重要性	外围设备	屏幕	安全性	多播/广播	引入时间
面向指挥的视频传输(指挥中心到现场人员)	H	L	M	H	L	Ready	M	H	调制解调器/路由器	Yes	L	M	M
面向固定监视的视频传输(从固定地点向监控室发送的视频)	M	H	L	L	L	Ready	M	M	调制解调器/路由器	None	H	L	M
现场高分辨率视频传输(指挥中心与现场间)	H	L	L	L	M	L	M	H	调制解调器/路由器	Yes	L	L	Now
现场低分辨率视频传输(指挥中心与现场间)	M	L	L	L	M	L	M	H	调制解调器/路由器	Yes	L	M	Now

(续表)

类型	吞吐量	使用时间	用户数量	移动性	质量	启动准备时间	延时	连续运行的重要性	外围设备	屏幕	安全性	多播/广播	引入时间
现场视频传输(现场人员之间)	M~H	L	L	L	M	L	M	H	调制解调器/路由器	Yes	L	M	Now
视频会议	M	L	L	L	L	L	M	L	特殊设备	Yes	M	L	L
非实时传输视频录像	H	L	L	L	M	L	M	M	调制解调器/路由器	None	M	No	M
图像广播	M	L	M	H	L	Ready	L	M	PDA/智能手机	Yes	M	H	Now
图像群发给某一群体	M	L	L	H	L	Ready	L	M	PDA/智能手机	Yes	M	M	Now

2.4 数据通信容量需求

无线数据通信容量取决于应用场景。按照公共安全机构工作情况的不同，可将公共安全无线通信的应用场景分为：

- 日常应用；
- 大型公共事件和突发事件应用；
- 救灾应用。

根据公共安全无线通信的应用场景，可对各种场景下的通信容量进行量化分析，从而计算数据通信容量的需求。

2.4.1 日常应用

(1) 概述

日常应用是指公共安全机构在其管辖职权范围内所进行的例行工作。一般情况下，使用本场景计算绝大部分公共安全通信专用频谱和基础设施需求，并且在计算时要预留额外的容量，以应对未知的紧急突发事件。

在日常工作中，公共安全机构将使用一系列无线通信以满足工作需求。除了使用公共安全专用通信网络之外，在网络无法覆盖的区域或基础设施不足时，还会使用直通模式，实现终端对终端的通信。

(2) 典型应用

以发生严重交通事故和警方的交通临检行动为例，分析公共安全机构的数据通信容量需求。

严重交通事故中的通信需求：

- 传输有关车祸的所有信息，供急救和医疗服务使用(地点、图片)；
- 向直升机传送图像(低空飞行的直升机可使用地面网络)，接收直升机拍摄的视频；
- 向控制中心传输交通事故信息；

- 向救护车传输伤员信息；
- 向医院传输伤员信息与视频。

交通临检中的通信需求：

- 向控制中心传输视频(巡逻车拍摄的视频)；
- 连接数据库查询信息(车牌、图像等)。

表 2-5 给出了两种日常应用案例下的数据通信容量需求。

表 2-5　两种日常应用案例的数据通信容量需求

场景	上行/下行	应用	数据传输速率(Kb/s)	峰值流量(Kb/s)
交通事故	上行	事件视频	768	1300
		数据传输	512	
	下行	事件视频	768	1300
		数据传输	512	
交通临检	上行	事件视频	768	1300
		数据传输	512	
	下行	事件视频	768	1300
		数据传输	512	

2.4.2　大型公共事件和突发事件

(1) 概述

大型公共事件和突发事件是指公共安全机构和救灾部门在各自管辖范围内需要应对的大型事件，例如国际峰会、骚乱、大型火灾等。大多数情况下，公共安全机构已经提前制定好针对大型公共事件的预案；但对于诸如自然灾害、骚乱等突发事件而言，没有时间制定完善的有针对性的应对方案。

在应对大型事件时，公共安全机构需要使用一系列通信手段以

满足行动需求。除了使用公共安全专用通信网络之外，还会在没有基础设施覆盖或者基础设施不足以满足通信需求的地区，增加无线电通信设备，使用直通模式等。一般来说，通常会把直升机作为观察平台。此外，如果事件发生在边境地区，还需要与邻国协调，以便跨境工作。

(2) 典型应用

以 2011 年 4 月的伦敦皇室婚礼和 2011 年 8 月发生的伦敦骚乱为例，分析公共安全机构的数据通信容量需求。

2011 年 4 月，英国威廉王子与凯特王妃举行皇家婚礼，婚礼仪式结束后从威斯敏斯特教堂出发乘坐皇家马车返回白金汉宫。路线从刚刚举行完婚礼的威斯敏斯特教堂开始，经过国会大厦、大本钟广场、白厅、皇家骑兵卫队阅兵场、伦敦林荫大道返回白金汉宫。

在现场，额外的通信容量可通过 WLAN 等其他手段提供，额外容量可用于现场工作人员间的本地数据交换，或用于特定应用(比如，如果部署了机器人，则在本地提供必要的命令和控制连接)。皇室婚礼路线的治安维护分区进行，从通信角度说，每个区的管理方式相同。就无线电基础设施和皇室婚礼路线重叠情况而言，很可能一处基站要担负来自两个相邻分区的流量。

伦敦皇室婚礼中的通信需求：

- 来自皇家马车的 1 路视频流；
- 从行径道路两旁近身护卫官处获得的 4 路视频流，即总共 4 路视频流/区；
- 从直升机每分钟向马车和每个主管各区的铜级指挥官(英国建立了金、银、铜三级指挥系统，分别负责战略、战术和具体行动)传送 1 张高清图片。更新频率将会根据现场情况变化；
- 必要时，从直升机和沿途的固定监控点向混入人群的两个秘密队伍发送经过选择的静态图片；
- 每 5 秒钟更新一次秘密队伍(60 名人员)的 GPS 定位。

2011 年 8 月伦敦发生的骚乱事件是由警方枪杀一名 29 岁男青年引发的。该骚乱起初发生在枪杀案的发生地伦敦托特纳姆区，而后迅速蔓延到托特纳姆的周边地区和伦敦内及伦敦外更远的地方。骚乱持续了整整 4 天。

以下估算主要针对使用广域网络的通信。在现场，额外容量可通过 WLAN 等其他手段提供。在英国，所有事件都由金(战略级别)、银(战术级别)、铜(行动级别)三个等级指挥结构负责。一般情况下，一个铜级指挥官在诸如骚乱的动态情境下负责管理本地警察的数量会多达 300 名。根据骚乱情况，可部署两个亚铜级指挥官，分别负责向总铜级指挥官汇报骚乱情况。

伦敦骚乱的地理分布和规模需要额外从周边抽调 16 000 名警察，以协助伦敦警察厅控制局势。辨别并逮捕罪犯是当务之急，分析当时捕捉的照片和视频用于辨别骚乱中的罪犯，以用于之后的审讯。

伦敦骚乱中的通信容量需求：

- 分别来自两个亚铜级指挥区的 2 路高清视频流，并传送回金和银指挥区。该视频会被用于协助管理，并存储下来以供取证；
- 向铜级和亚铜级指挥官传输其管理的警察的 GPS 定位更新信息；
- 将互动地图发送给现场警员以帮助他们导航至目的地，并对现场人员行进路线进行优化。尤其需要注意，许多被派往压制、控制叛乱的警察并不了解他们所在区域的整体情况；
- 从直升机向地面消防员发送红外视频，以在战术上帮助他们扑灭大型火灾；
- 从直升机向金和银指挥区传输现场视频；
- 警察向金和银指挥区回传其拍摄的大量现场静态照片，以帮助指挥官掌握现场局势，并存储下来以供取证。

表 2-6 给出了两种场景下的数据通信容量需求。

表 2-6　大型公共事件和突发事件场景下的数据通信容量需求

场景	上行/下行	应用	数据传输速率(Kb/s)	峰值流量(Kb/s)
伦敦皇室婚礼	上行	来自皇家马车的 1 路视频流	768	4590~4840
		来自行进路线两旁的 4 路视频	3072	
		从直升机每分钟向马车和每个主管各区的铜级指挥官传送 1 张高清图片	250~500	
		其他通信(如 GPS)	500	
	下行	从直升机和沿途的固定监控点向混入人群的两个秘密队伍发送经过选择的静态图片	没有估计	没有估计
伦敦骚乱	上行	来自两个亚铜级指挥区 2 路高清视频流，并输送回金和银指挥区。该视频会被用于协助管理该情境，并远程录制以供取证	1536	4072
		从直升机向地面消防员发送红外视频，以在战术上帮助他们扑灭大型火灾	768	
		从直升机向金和银指挥区传输现场视频	768	
		警察向金和银指挥区发送其拍摄的大量现场静态照片	1000	
	下行	从直升机向地面消防员发送红外视频	768	1768
		图片传输	1000	

2.4.3　救灾

灾难的成因可以是自然因素，也可以是人为因素。例如，自然灾害包含地震、大型热带风暴、大型暴风雪、洪灾等；人为灾难包括大型犯罪事件或者武装冲突。在救灾场景中，行动的最初阶段通常会产生较高的流量负载。这种流量负载与大型公共事件和突发事件场景下的通信需求类似。如果公共安全专用移动通信网络仍可正常运行，则可以通过该网络支持救灾场景下的通信容量需求。在救灾的后段情况较为稳定时，与日常应用场景下的通信容量需求类似。

因此，不再对具体的救灾场景进行单独分析。

参考文献

[1] Analysis Mason, ‘Report for the TETRA Association: Public safety mobile broadband and spectrum needs’, Report no. 16395 - 94, 2010

[2] WIK Consulting and Aegis Systems, ‘PPDR Spectrum Harmonisation in Germany, Europe and Globally’, 2010

[3] ETSI TS 170 001 v3.3.1, ‘Project MESA; Service Specification Group – Services and Applications; Statement of Requirements (SoR)’, 2008

[4] National Public Safety Telecommunications Council, ‘Public Safety Communications Assessment 2012–2022, Technology, Operations, & Spectrum Roadmap’, Final Report, 2012

[5] ETSI TS 102 181 V1.2.1, ‘Emergency Communications (EMTEL); Requirements for communication between authorities/organisations during emergencies’, 2008

[6] ETSI TR 102 745 V1.1.1, ‘Reconfigurable Radio Systems (RRS);

User Requirements for Public Safety', 2009

[7] CEPT ECC Report 199, 'User requirements and spectrum needs for future European broadband PPDR systems(Wide Area Networks)', 2013

[8] US NYC Study, '700 MHz Broadband Public Safety Applications and Spectrum Requirements', February 2010

[9] US FCC White Paper, 'The Public Safety Nationwide Interoperable Broadband Network: A New Model for Capacity, Performance and Cost', 2010

[10] APT Report on 'PPDR Applications Using IMT - based Technologies and Networks', Report no. APT/AWG/REP - 27, Edition: 2012

[11] IABG, 'Study of the mid - and long - term capacity requirements for wireless communication of German PPD Ragencies', 2011

[12] ETSI TR 102 485 V1.1.1 (2006–07), 'Technical characteristics for Broadband Disaster Relief applications(BB - DR) for emergency services in disaster situations; System Reference Document', July 2006

[13] Wireless Innovation Forum, 'Use Cases for Cognitive Applications in Public Safety Communications Systems –Volume 1: Review of the 7 July Bombing of the London Underground', November 2007

[14] Wireless Innovation Forum, 'Use Cases for Cognitive Applications in Public Safety Communications Systems –Volume 2: Chemical Plant Explosion Scenario', February 2010

第 3 章　频谱管理与频谱需求

3.1　频谱管理的监管框架和模式

频谱管理旨在规范无线电频率的使用，以促进频谱的有效使用，从而获得最佳的社会收益。频谱管理必须解决以下三个相互关联的问题：第一，需要给特定应用或某类应用分配恰当的频谱；第二，需要授权特定用户或用户组频谱使用权限；第三，随着时间的推移，技术和市场也会发生变化，需要对已确立的策略进行调整。

无线电频谱像水、陆地、天然气和矿产一样，被大多数国家视为国家资源，因此，主权国家通常会设立频谱监管机构，负责无线电频谱相关事宜，如频率分配、设备型号核准等。但是，由于无线电频谱自身所具有的特性(无线电波不遵从行政边界)，因此为了协调各国与邻国之间的无线通信，就必须要制定关于无线电频率使用规则的国际协议。这些国际协议通常包括多边协议和双边协议，因此，频谱管理涉及全球性、区域性和各个国家的频谱监管。

3.1.1 全球性监管框架

国际电信联盟负责全球性频谱监管，其工作的主要目标是：

- 防止出现有害干扰；
- 在全球统一分配无线电频谱时，解决共享和兼容性问题；
- 促进频谱的有效利用。

为实现以上目标，国际电信联盟制定了《无线电规则》，这是世界各国在无线电开发、利用和管理方面需要遵守的国际公约。《无线电规则》定义了 40 多种无线电业务，在 0～3000GHz 频率范围内为无线电业务划分了使用频率，规定了不同业务使用相同频率的共用条件，规定了无线电频率和卫星轨道资源使用、规划、协调、通知、登记程序，规定了无线电干扰的处理原则和无线电台(系统)的操作使用程序等。国际电信联盟成员应当依据《无线电规则》的要求实施频谱资源的规划和管理。从国际电信联盟成立一百多年的历史来看，《无线电规则》的权威性获得了国际电信联盟成员国的认可和执行。

国际电信联盟《无线电规则》的频谱监管和政策制定都是通过世界无线电通信大会和区域无线电通信会议实行。在每届世界无线电通信大会上，国际电信联盟成员国一起研究相关无线电业务的频率划分，讨论频率修订和卫星轨道资源使用的规则程序，对《无线电规则》进行修订并形成相关决议。由于大会议题事关各国无线电产业的长远发展，世界各国都十分重视世界无线电通信大会的参会工作。

为便于无线电管理和协调，国际电信联盟把世界分为三个区域，分别是：

- 区域 1：由欧洲、俄罗斯、中亚、西亚和非洲组成，主要的区域组织为欧洲的欧洲邮电委员会，标准制定由欧洲电信标准化协会完成；

- 区域 2：由南北美洲组成，主要的区域组织为美洲电信委员会，但美国的联邦通信委员会起较大作用；
- 区域 3：由东亚、东南亚、南亚、伊朗和大洋洲组成，主要的区域组织为亚太电信组织。

3.1.2　区域性监管框架

区域性频谱管理机构也在无线电频谱资源的管理中发挥了重要作用。目前，世界上有六个主要的区域性组织：

- 美洲电信委员会(CITEL)；
- 欧洲邮电管理委员会(CEPT)；
- 亚太电信组织(APT)；
- 非洲电信联盟(ATU)；
- 阿拉伯频谱管理集团(ASMG)；
- 区域通信联合体(RCC)。

这些组织设法在其区域内统一和协调频谱的使用。在全球论坛内(如世界无线电通信大会)，这些组织还代表着其成员国、国家监管部门以及电信运营商和区域内产业的利益。同时，区域频谱监管机构还负责准备世界无线电通信大会议题草案：每个区域内各国的主管部门向区域频谱监管组织提交建议草案，区域频谱组织则在世界无线电通信大会举办之前按照各自的程序采纳共同的建议，并代表所有成员国提交区域性建议提案。

3.1.3　国家监管框架

在国家层面上，由指定的政府主管部门负责管理无线电频谱事宜。例如，美国的国家监管部门是美国联邦通信委员会，英国的国家监管部门是英国通信管理办公室，西班牙的国家监管部门是西班牙电信及信息社会监察办公室，中国的国家监管部门是工信部无线电管理局。

在遵守全球性和区域性协议的前提下，国家监管部门需要考虑很多因素，如本国的社会和经济效益。因此，国家监管部门通常会与各有关方面协商，寻求释放尽可能多的频谱，以使国家从全球规模经济、互操作性、干扰最小化(包括与周边国家)、国际漫游以及区域和全球协议中获益。在分配频谱时，国家监管部门的决策通常是权衡诸多方面后的结果。举例来说，若将频率分配给商业移动通信，国家会获得显著的直接经济效益，但若分配给公共安全机构，尽管所获得的直接经济效益较少，却可以从许多方面获得间接的社会效益。

图 3-1 显示了大多数国家在管理无线电频谱使用方面通常采用的管理结构。如图所示，第一步是制定国家频率划分表，这是无线电频谱管理的基础，是国家通过法律管理频段的主要工具。国家频率划分表主要包括各主管部门将频段的使用权授权给无线电业务(称为频率分配)，以及可能使用所分配频率的实体机构(例如政府使用、个体使用)。国家频率划分表还会涉及面向个别用户的特定频率分配(例如为国防部保留的频段)，或在特定位置安装设备(如使特定设施免受潜在无线电干扰的防护措施)。

在第二步中，按照国家频率划分表中设定的规则对频段进行精细化管理，特别是不同类型用户共享的频段，并确保在相邻频段中的频谱用户能够恰当地共存(如信道带宽、保护频段、发射功率设置)。

最后，用户只有在得到授权的前提下才能以特定频率进行通信(即用户被授予使用无线电频谱的权利，该授权权力归属国家)。该内容符合国际电信联盟《无线电规则》第 18 条内容：“私人或任何企业，如果没有电台所属国政府按照本规则条款以某种适当的形式颁发的执照，不得设立或操作发射电台”。此处的术语“执照(licence)”若从广义上的理解来说，指的是频谱的使用必须获得明确的授权。

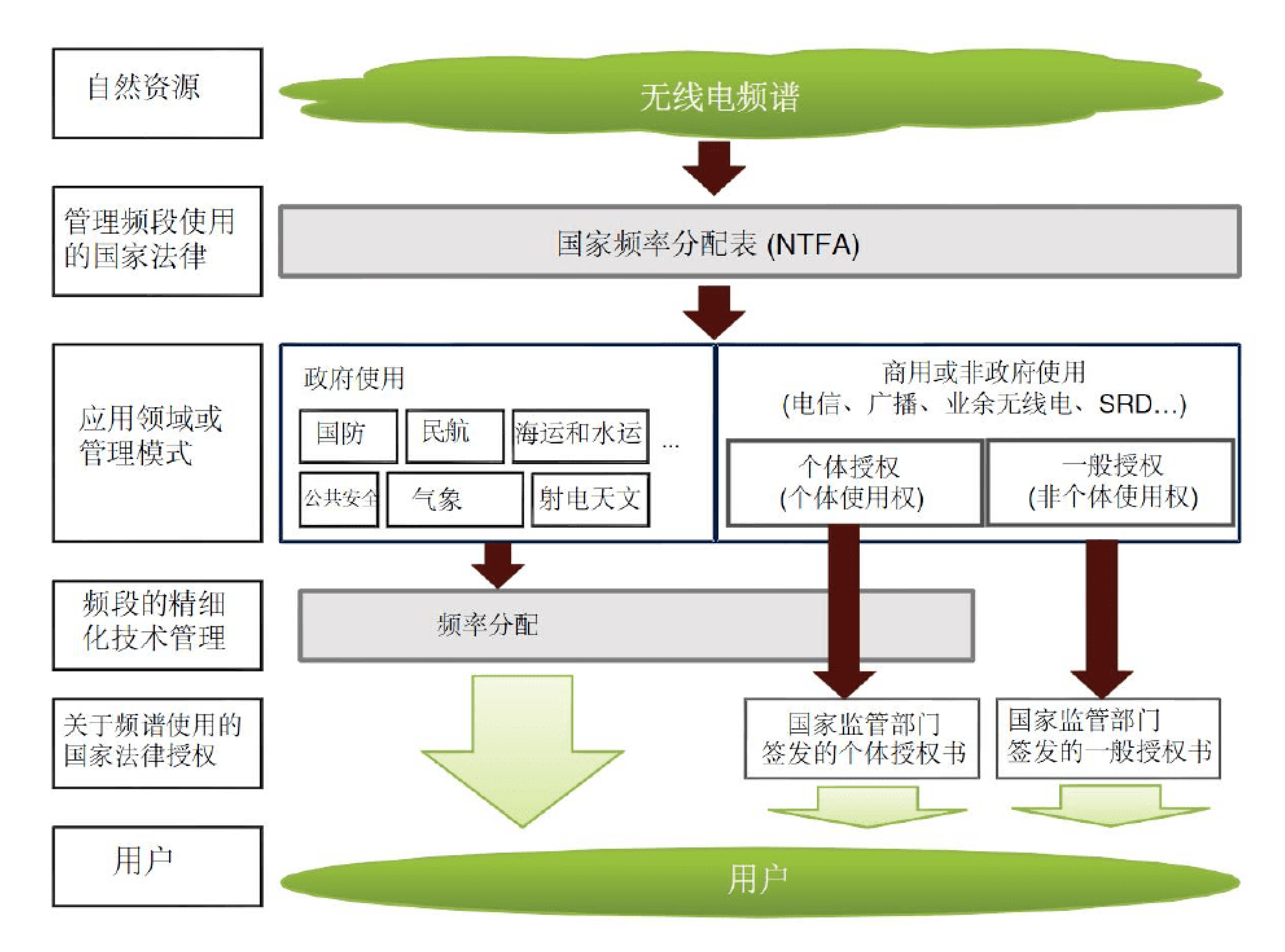


图 3-1　关于无线电频谱使用的国家立法与管理结构

3.1.4　频谱管理模式

频谱的管理规则应按照确保频谱有效利用的原则进行设计和执行。“有效利用”意味着，在给定的技术条件下，将频谱分配给最佳的使用者，使资源利用效率最大化。更重要的是，“有效利用”必须与其他非市场目标(如国家安全、公共安全和公平获取等)的实现取得平衡。在实际应用中，目前的频谱管理模式主要有如下三种：

(1) 命令与控制模式

所谓命令与控制模式，即通过管理机构集中分配资源的制度。采取命令与控制管理模式的管理机构必须负担搜集信息的成本，并且有能力判断申请者提供的信息，了解申请者利用资源的能力，选择可对该项资源产生最大利用效率的申请者，再授予频谱资源供其使用。管理者必须能够了解所有的供给及需求状况，并将有限资源直接分配给具备最佳能力的使用者，使资源利用效率最大化。

在这种模式下，频谱使用权通常被设置为排他性的，即每个频段专用于某单一用户，从而确保实现无干扰的通信。这种模式的一个明显优势是能够确保与公众利益相关的服务持久运行。虽然这些公众服务在盈利能力方面可能未必像其他潜在的商业用途那样有吸引力，但对政府而言，其可获得较大的社会效益。

(2) 基于市场的模式

该模式是指通过建立市场机制，强调以价格机制来分配频谱资源的制度。愿意出较高价格者，通常具有更强的能力，或是比出价较低者更能有效地运用资源。通过价格相关信息，既能节省政府的信息搜寻成本，又可决定出最有效率的资源使用者，并将资源转移至他的手上。不过，随着时间的推移，由于原持有频率资源的使用者利用资源的能力可能会降低，从而无法保证仍能维持资源的最佳利用状态，或者其他使用者研发出效率更高的技术，从而对于特定频段拥有更高的使用效率。此时，只要通过二级市场交易的价格机制，让资源再次移转至最有能力的使用者身上，即可提高资源的利用率。

总之，鉴于基于市场的模式可将政府的信息搜寻成本从管理者转移至个别使用者身上，政府只需要通过市场的价格机制决定谁是最有能力的资源使用者，让资源可以移转至资源使用效率最大化的使用者手中，即可实现资源的最佳配置。不过，仍需要对此加以全面的规范化管理，以解决哪些频谱使用权限可以进入交易和应用环节等问题。

(3) 基于频谱共享的模式

频谱共享模式实际上是一个总称，代指所有允许多个用户在同一时间占用相同频率范围频谱的管理方法。在这种模式下，频谱管理机构可在共享频谱的基础上为满足以下两方面条件的所有用户提供频谱：一是遵守事先设定的特定技术限制(例如全部发射功率、输出限制等)；二是符合为预防干扰而设定的有关干扰消除技术设备认

证要求。这种“开放型”模式在使用权上一般采用灵活设置方式，可有效地将无线电频谱分配给用户使用。而且，该模式侧重于让资源使用者通过遵守行为规范或技术标准而使用资源，即使多位使用者使用同一频率资源也不会发生资源利用冲突。因而，这种公用方法允许新企业更快地进入市场。共享模式的不足在于它可能导致频谱资源使用过度的情况，而不是有效使用可替代资源。

这种频谱共享模式的典型用户是个体用户，不过商业电信供应商也会使用这些频段来无线访问他们的网络或为流量减负。因此，这些频段的典型应用是 Wi-Fi 以及其他许多低功率设备(例如遥控器、车库门开启器、传感器)。通过使用频谱共享模式管理一定数量的频谱，基于 Wi-Fi 以及其他短距离无线电技术的产品和服务的数量会增加，从而带来社会效益和经济价值。

一般来说，政府在决定采用哪种模式方面持谨慎态度。纵观世界各地，政府往往采用的是组合式频谱管理模式，其中主要是将传统的命令与控制模式用于政府服务，将拍卖和招投标方法用于许多具备商业执照和免执照的低功耗器件。这三种频谱管理模式各有优缺点，并没有哪种方法拥有绝对优势。最佳的频谱政策应是将这些方法正确组合，而不是单纯采用某一种模式。

3.2　公共安全宽带专用移动通信频谱需求

3.2.1　频谱需求计算方法

1. ITU-R M.2033 方法

ITU-R M.2033 方法(如图 3-2)的基本思路是预先定义一个研究区域，在该区域内按类别确定公共安全通信用户数量以及相应的服务环境(窄带、中速宽带或者宽带)，结合各种服务环境的特点，并根据公共安全通信的用户普及率，根据不同服务环境下的业务特点

计算对应的频谱需求。最后将各种环境的频谱需求相加就得到总的频谱需求。

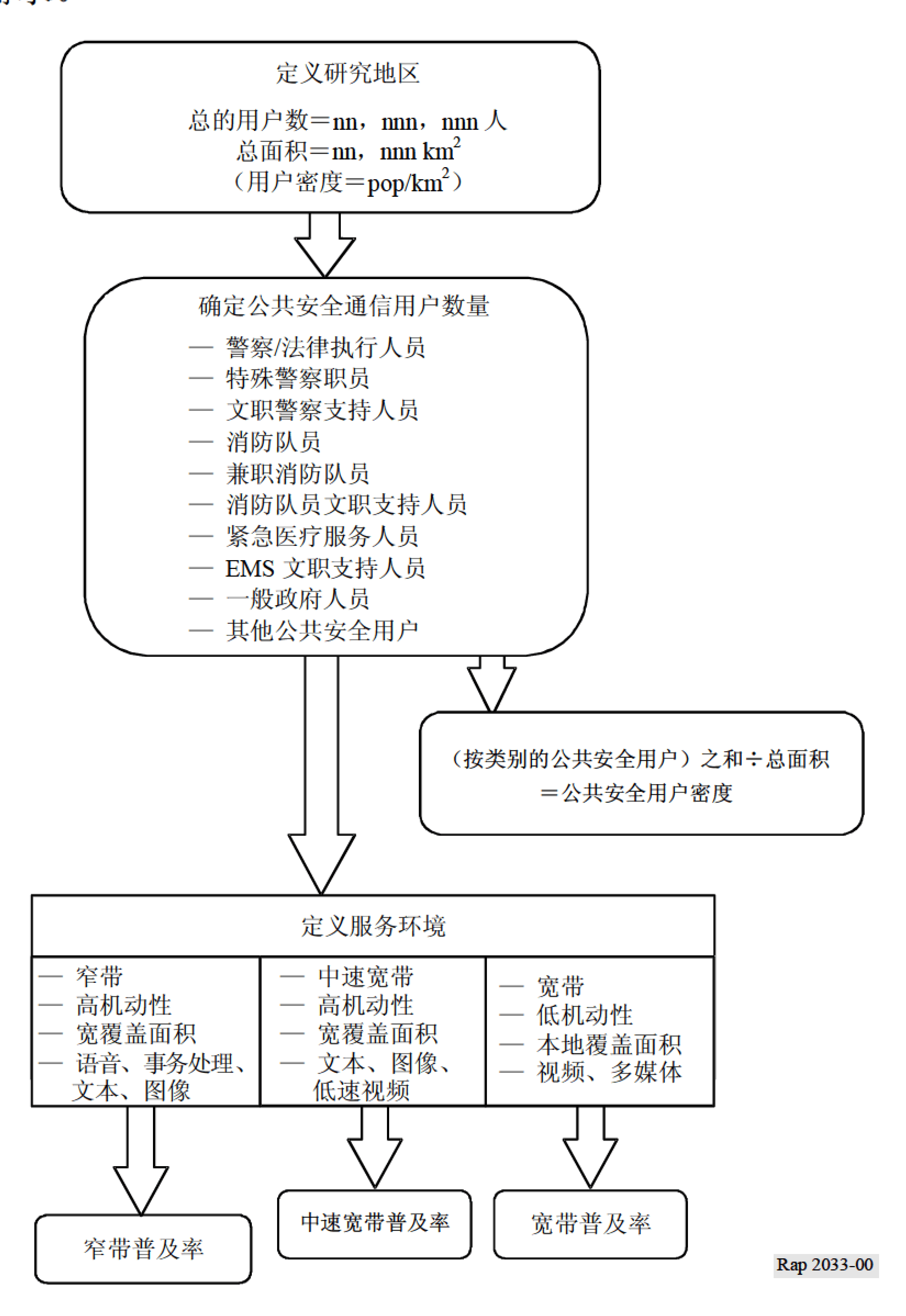
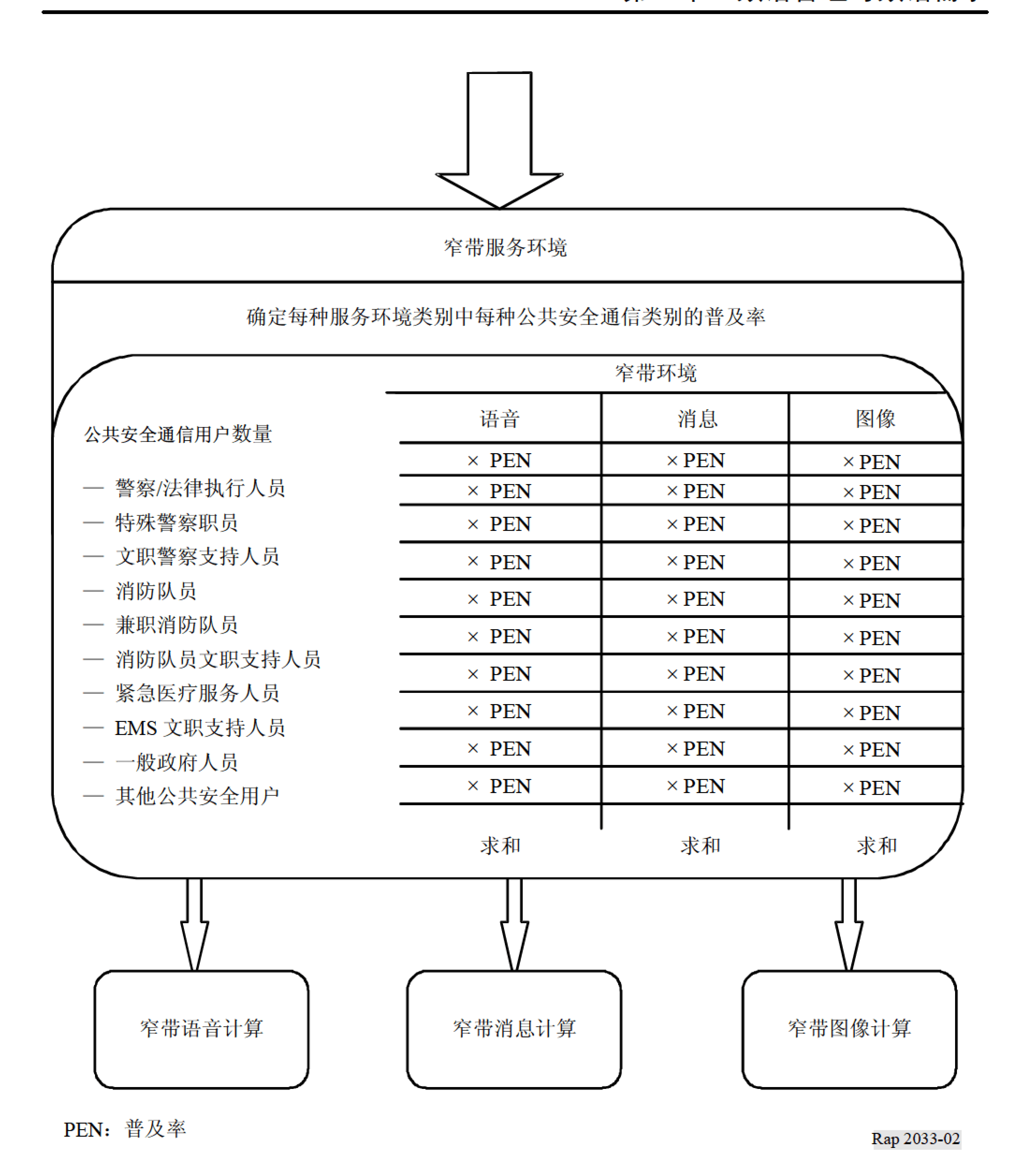


图 3-2　ITU-R M.2033 频谱计算方法流程图



窄带服务环境
确定每种服务环境类别中每种公共安全通信类别的普及率
窄带环境
语音
消息
图像
公共安全通信用户数量
— 警察/法律执行人员
— 特殊警察职员
— 文职警察支持人员
— 消防队员
— 兼职消防队员
— 消防队员文职支持人员
— 紧急医疗服务人员
— EMS 文职支持人员
— 一般政府人员
— 其他公共安全用户
× PEN
求和
窄带语音计算
窄带消息计算
窄带图像计算
PEN：普及率
Rap 2033-02

图 3-2　(续)

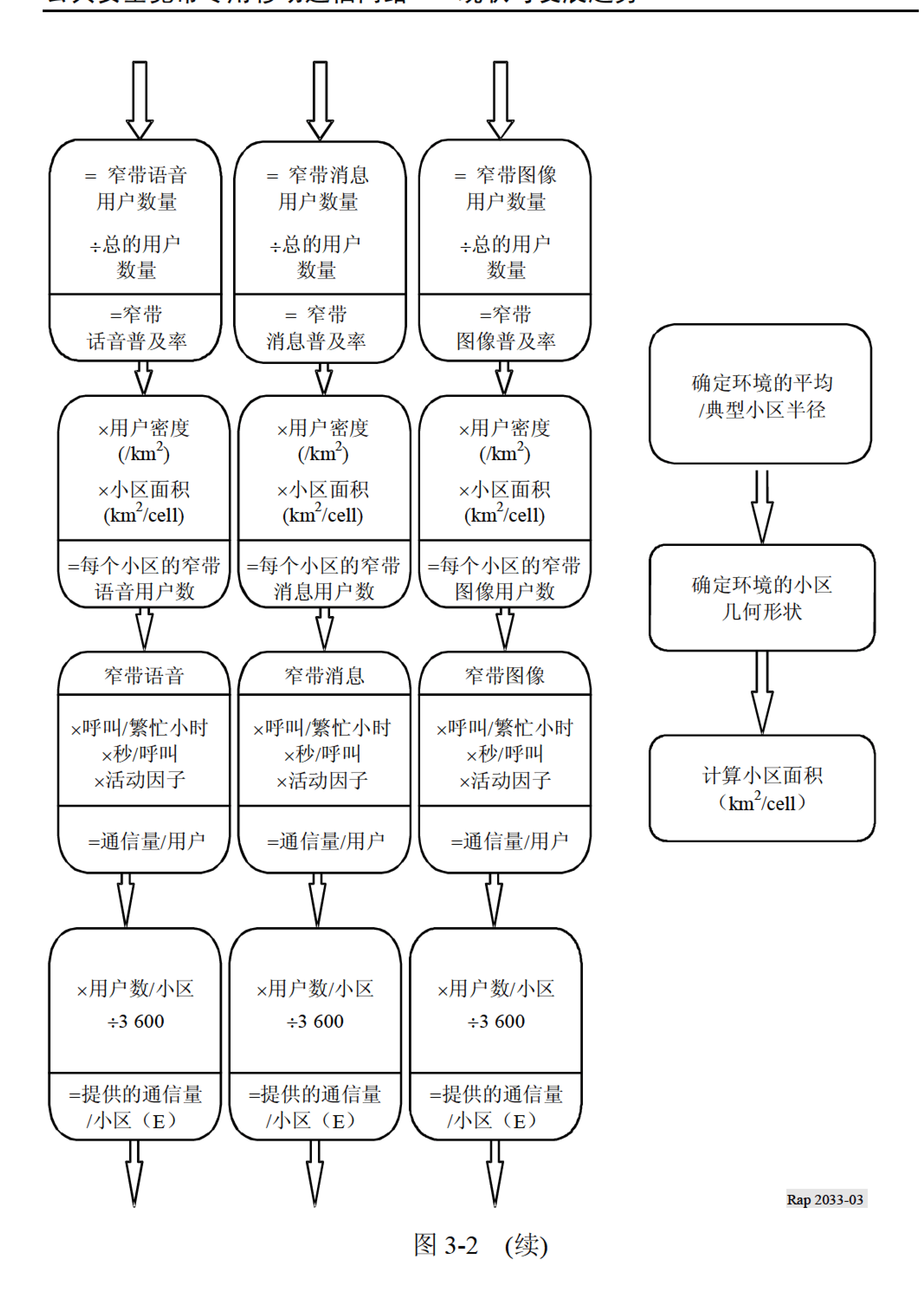

= 窄带语音
用户数量
÷总的用户
数量
=窄带
话音普及率
= 窄带消息
用户数量
÷总的用户
数量
= 窄带
消息普及率
= 窄带图像
用户数量
÷总的用户
数量
=窄带
图像普及率
×用户密度
(/km2)
×小区面积
(km2/cell)
=每个小区的窄带
语音用户数
=每个小区的窄带
消息用户数
=每个小区的窄带
图像用户数
窄带语音
窄带消息
窄带图像
×呼叫/繁忙小时
×秒/呼叫
×活动因子
=通信量/用户
×用户数/小区
÷3 600
=提供的通信量
/小区（E）
确定环境的平均
/典型小区半径
确定环境的小区
几何形状
计算小区面积
（km2/cell）
Rap 2033-03

图 3-2　(续)

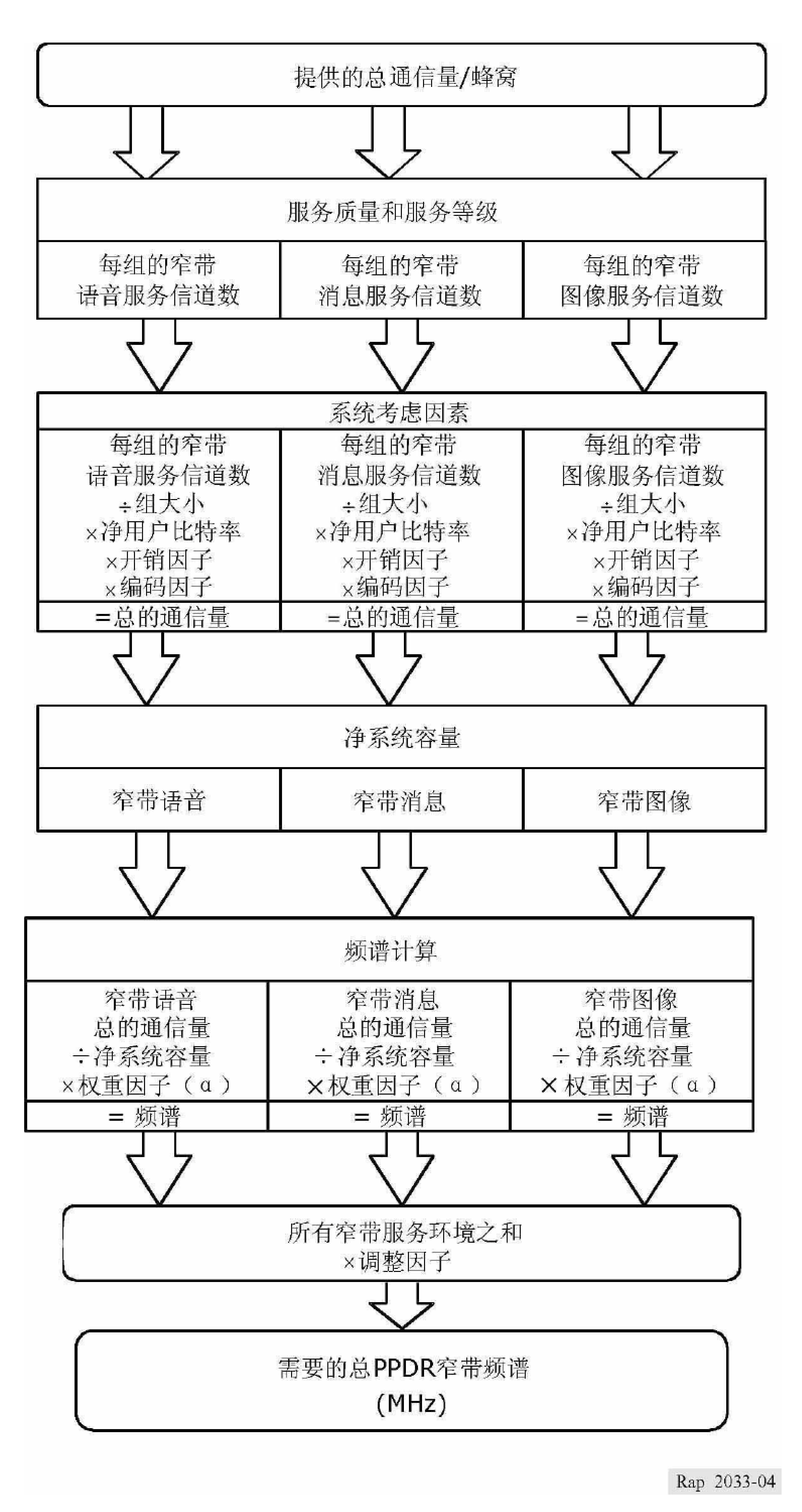

提供的总通信量/蜂窝
服务质量和服务等级
每组的窄带
语音服务信道数
每组的窄带
消息服务信道数
每组的窄带
图像服务信道数
系统考虑因素
每组的窄带
语音服务信道数
÷组大小
×净用户比特率
×开销因子
×编码因子
=总的通信量
每组的窄带
消息服务信道数
÷组大小
×净用户比特率
×开销因子
×编码因子
=总的通信量
每组的窄带
图像服务信道数
÷组大小
×净用户比特率
×开销因子
×编码因子
=总的通信量
净系统容量
窄带语音
窄带消息
窄带图像
频谱计算
窄带语音
总的通信量
÷净系统容量
×权重因子（α）
= 频谱
窄带消息
总的通信量
÷净系统容量
×权重因子（α）
= 频谱
窄带图像
总的通信量
÷净系统容量
×权重因子（α）
= 频谱
所有窄带服务环境之和
×调整因子
需要的总PPDR窄带频谱
(MHz)
Rap 2033-04

图 3-2　(续)

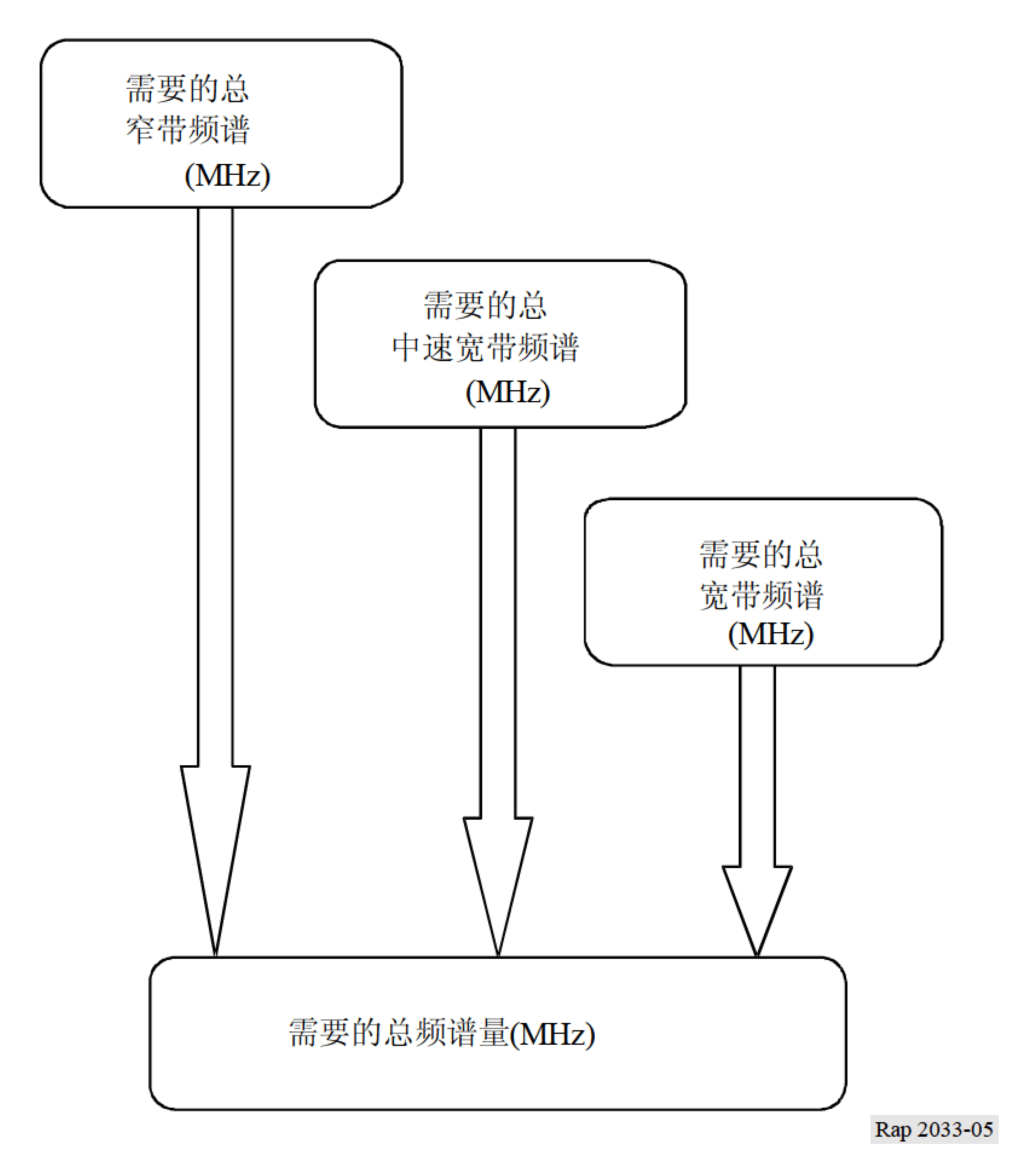


图 3-2 (续)

ITU-R M.2033 建议书中需要的主要数据参数包括：

- 公共安全用户类别的鉴别，如警察、消防员、救护员；
- 每种类型的用户数；
- 估计繁忙时间段中每种用户类别的在用数量；
- 传送的信息类型，如语音、状态消息和遥感遥测数据；
- 所研究系统的典型覆盖面积；
- 区域内基站小区的平均大小；

- 频率重用模式；
- 服务等级；
- 所用的技术，包括 RF 信道带宽。

2. ITU-R M.1768 方法

ITU-R M.1768 建议书公布于 2006 年，所提供的频谱需求计算方法主要用于计算当不同制式的无线通信系统同时存在时的整体频谱需求。ITU-R M.1768 方法(如图 3-3 所示)考虑了业务种类、无线通信系统、业务应用场景的综合影响，将不同种类业务的业务量在不同应用场景和不同无线通信系统中分别承载，计算某个无线通信系统在不同应用场景中的频谱需求量，取各应用场景频谱需求量的最大值作为该无线通信系统的频谱需求量。最后将各无线通信系统的频谱需求量相加，从而得到总的频谱需求量。

ITU-R M.1768 所规定的输入参数较为细致。业务方面包括不同种类业务的用户密度、业务模型，并需要分别按照六种场景提供输入数据。在网络方面，ITU-R M.1768 将各无线通信网络分为四组，其中 2G 和 3G 系统划分为第一组、4G 系统划分为第二组，网络支持的最大传输速率和平均频谱效率通过不同的无线通信网络组体现。在业务承载方面，分为分组域承载和电路域承载，分别计算所需的频谱资源量。通过计算得到不同的无线通信网络组在不同场景下的频谱需求后，选取其中频谱需求量最大者作为该无线通信网络组的频谱需求量，总的频谱需求量为各无线通信网络组的总和。

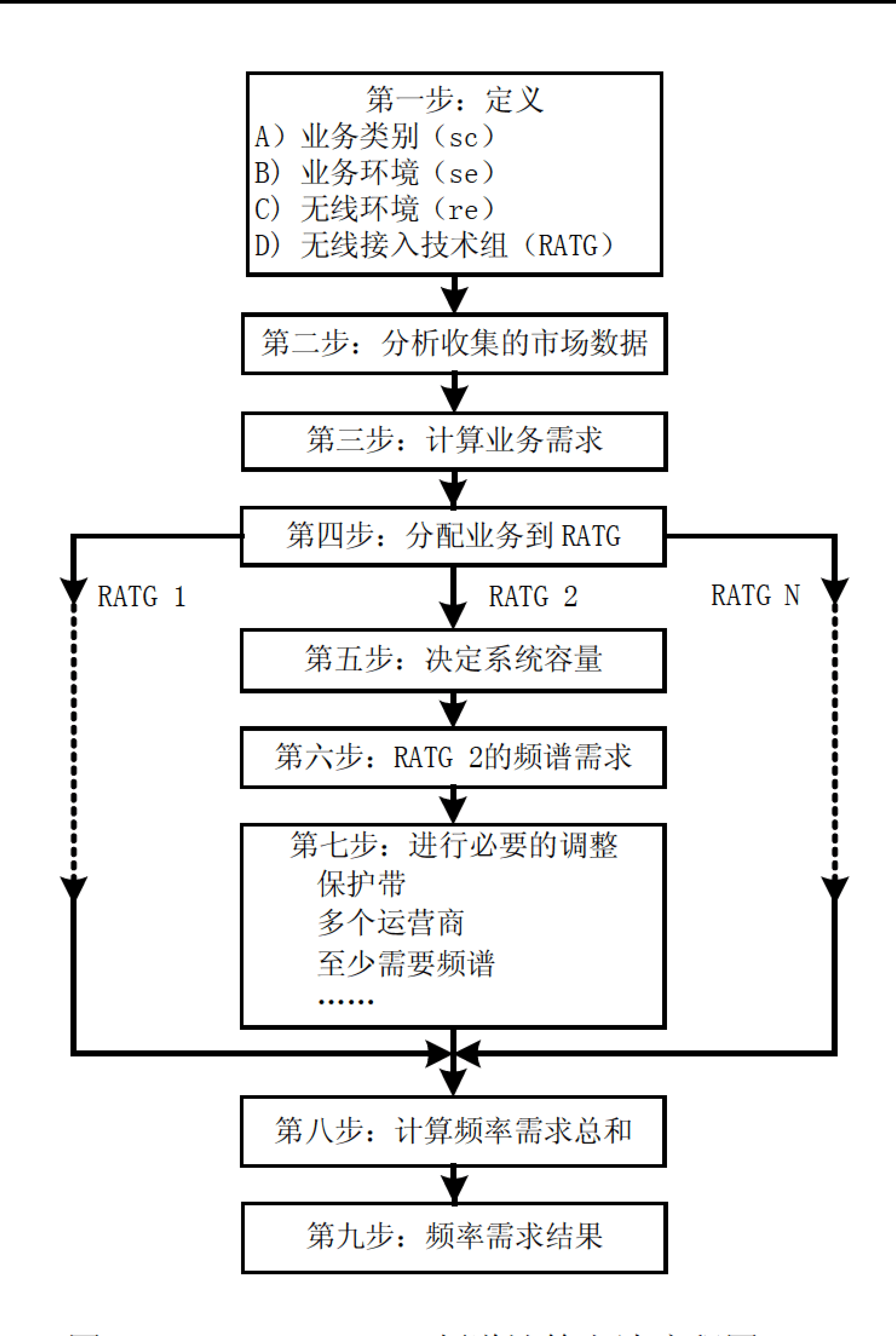


图 3-3　ITU-R M.1768 频谱计算方法流程图

以上过程可以简要概括为：

第一步：分别对业务种类、业务环境、无线电环境、无线电接入技术组进行定义；

第二步：对收集到的市场数据，参考步骤一中的参数进行归类分析，市场数据可以由问卷调查的形式采集统计；

第三步：根据不同的业务环境以及业务种类进行分组分析，即可得到每种业务环境下每个业务种类的流量需求；

第四步：进行无线电接入技术组间的业务量分配工作，由于每一种业务环境都由一个或多个无线电接入技术组支持，由步骤二和步骤三得到的某业务环境、时间间隔、业务种类下的流量需求，分配到不同的无线电接入技术组和无线电环境中去，需要注意其中电路交换和分组交换流量的分别计算；

第五步：确定每个无线电接入技术组的系统容量，分别分析电路交换和分组交换的数据；

第六步：计算得出该无线电接入技术组的频谱需求；

第七步：对可能实现的最小频谱、必要的保护频带以及多个运营商的影响因素加以考量，对步骤六得到的结果进行调整；

第八步：将各组的频谱需求进行累加，最终得到总的频谱需求。

3. FCC 方法

与 ITU-R M.1768 方法相比，美国联邦通信委员会提供的方法较为简便。该方法的核心思路是建立流量与频谱需求关系的模型，首先进行流量预测，再根据模型计算出频谱需求。

在计算宽带移动通信频谱需求过程中，首先分析移动数据流量需求和已有的网络容量，如图 3-4 所示，对于数据流量需求的增加，主要可以从不同类型终端的带宽占用情况和每种终端的使用数量两方面进行分析。网络容量(数据业务的承载能力)与无线技术的频谱效率、可用频率和网络站址数量有关。

可以将该方法看成一个函数，其输入的关键参数包括数据业务流量需求、站址增长、频谱利用效率和目前已分配的频率。流程框图如图 3-5 所示。

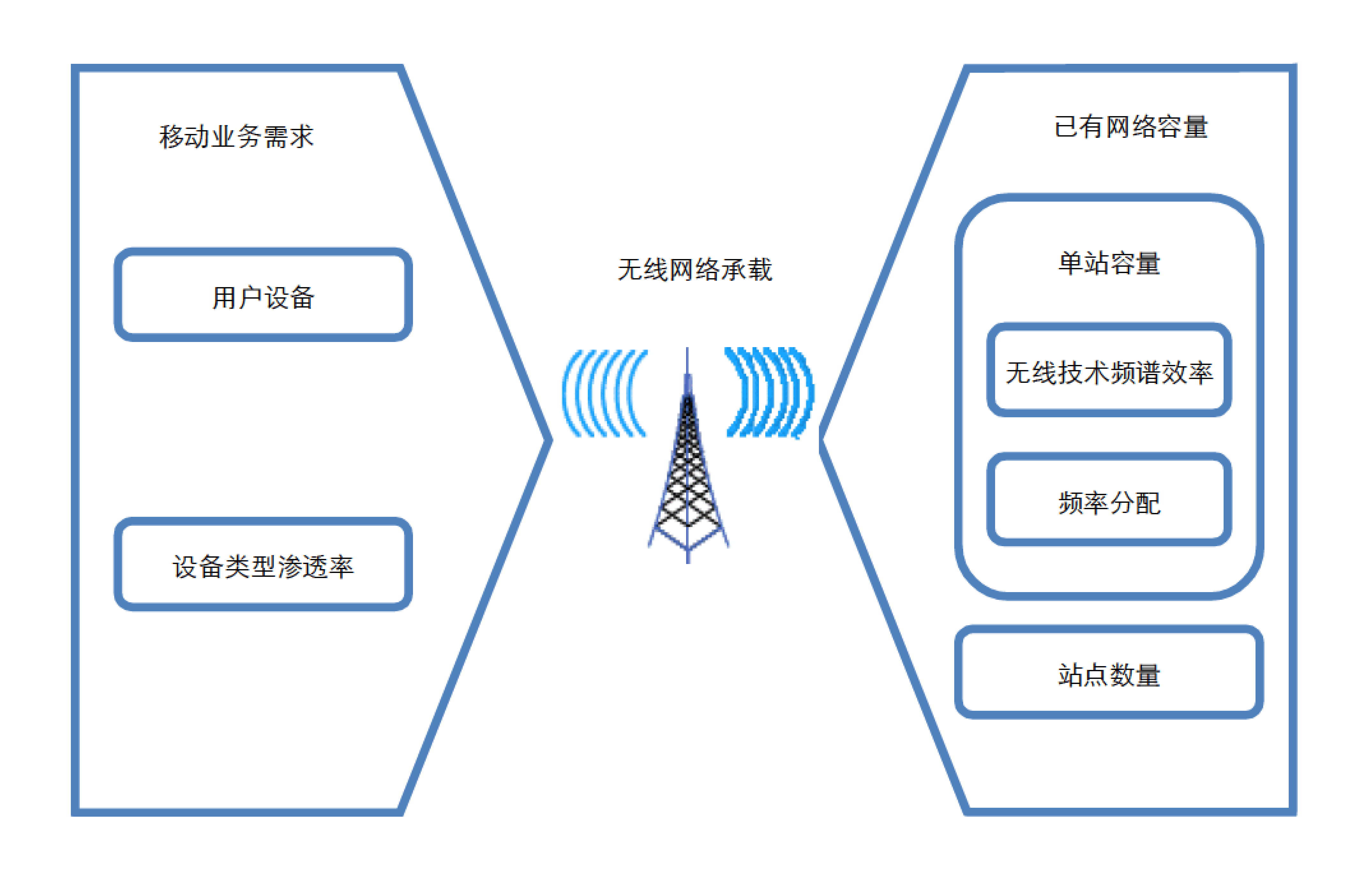


图 3-4　移动流量需求与网络容量的驱动因素

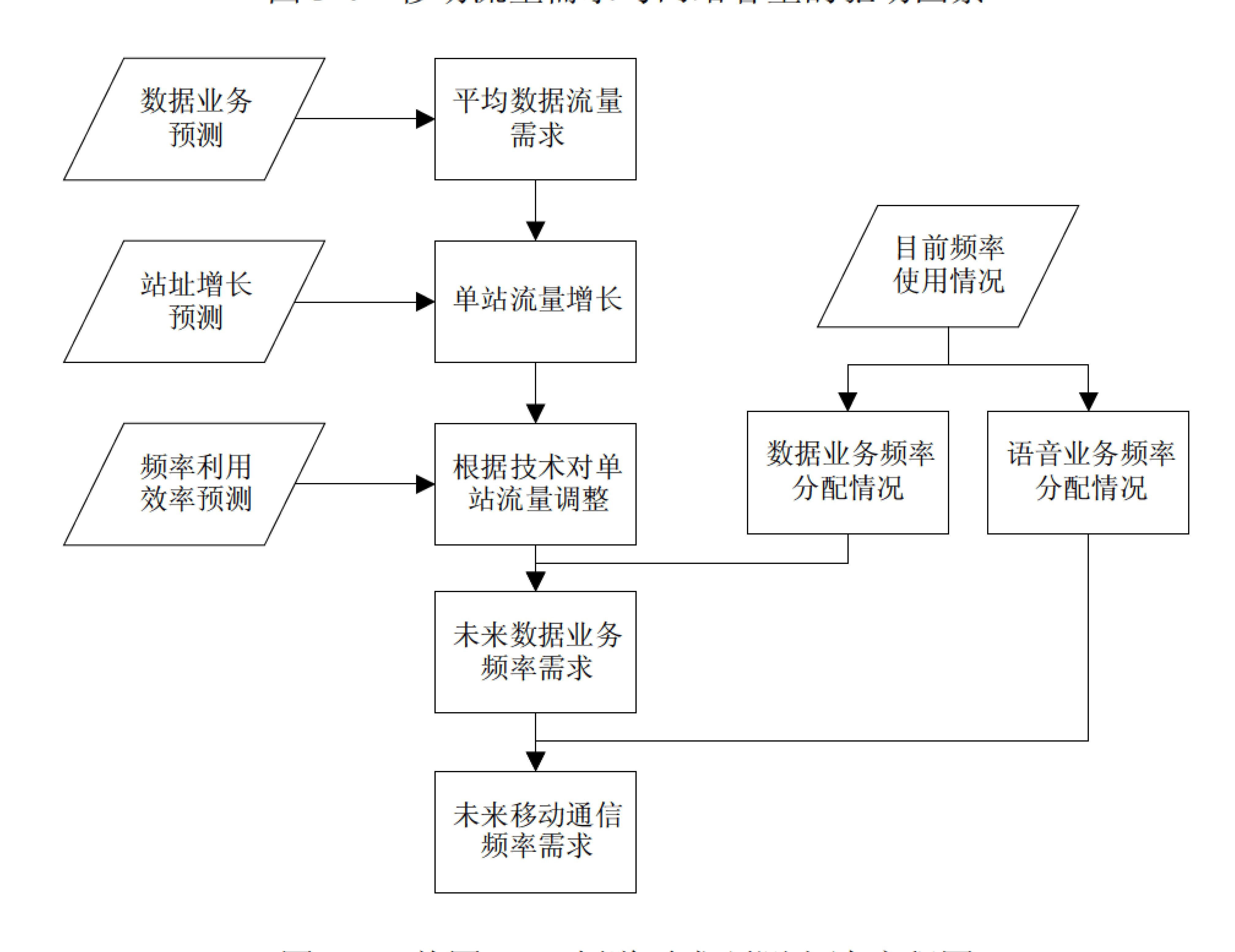


图 3-5　美国 FCC 频谱需求预测方法流程图

根据图 3-5 的计算流程，联邦通信委员会的频谱预测方法仅按照数据业务量增长率、站址增长率、频谱效率增长率等相关参数预测未来的频谱需求情况。

首先，需要预测未来几年数据业务的平均流量，得到相对当前数据业务流量的相对增长率。其次，通过预测站址数量增长情况得到站址的绝对增长率，用数据流量相对增长率与此站址绝对增长率相除可以计算出单站数据流量相对增长率。再次，通过预测平均频谱效率可以得到频谱效率的绝对增长率，由单站数据业务流量相对增长率与频谱效率的绝对增长率相除可以得到调整后的单站数据业务流量相对增长率。最后用当前数据业务使用的频谱与调整后的单站数据流量相对增长率分别相乘，可以得到未来每年数据业务需要使用的频谱，而未来语音业务所需频谱与当前使用频谱保持不变，再将数据与语音业务所需频谱相加，即可得到每一年需要的频谱总量，进而由当前已分配的频谱计算出未来每年的频谱盈余、缺口情况。

4. GSMA 方法

GSMA 频谱需求预测方法是由全球移动通信系统协会(GSMA)组织内部和外部的多家单位联合推动形成的频谱需求预测模型。该模型目前已经形成初稿，并一直不断进行修订和优化。GSMA 模型与 FCC 方法相似，总体来说是一种宏观的频谱需求预测方法。专注于国家或者地区的业务总量预测及其分布情况，以及运营商网络部署情况和网络特性(如频谱效率和 QOS 保障等)，最终推导出该国家或地区未来所需的频谱总量。GSMA 采用的频谱需求预测方法主要分为八个步骤，基本流程如下：

步骤一：输入模型所需要的基础输入数据，主要包括业务量预测、国家人口分布情况、基站间距、频谱效率预测等等。其中，业务量预测数据目前来源于思科对全球年度业务量的预测；

步骤二：分析业务量在时间上的不均匀分布情况，以及上下行

分布情况，通过将年度业务量数值乘以忙时系数，得到全国下行忙时总业务速率；

步骤三：将国家人口分布表按人口密度进行排序，获得每 1%人口所占据的土地面积，体现了人口的不均匀分布性。根据人口密度进行划线，区分国家内部城市、郊区、农村三种地区包含的人口数目和土地面积。将第 2 步计算得到的全国下行忙时总业务速率，按人口比例分配至各个地区；

步骤四：根据城市、郊区、农村三种地区的土地面积，以及各个地区宏站半径数据，结合人口覆盖率的考虑，计算各个地区使用的宏站数目；

步骤五：分析业务量在空间上的不均匀分布情况，将全国基站按业务量承载情况划分基站群，颗粒度为 10%基站数。将业务流量按预先设定的分布比例，分配到不同基站群；

步骤六：考虑对业务量密度较大地区使用微站进行业务量分流，根据不同地区业务量情况设立微站；

步骤七：运用宏站和微站频谱效率数值以及频谱利用率、系统冗余量等参数计算不同地区宏站与微站承载业务的能力(单位是 bps/Hz/site)；

步骤八：根据第 7 步计算的业务承载能力，计算需要的频谱。取全国所有地区中所有基站群中频谱需求最大值作为最终的频谱需求值。

总的来说，GSMA 方法属于宏观频谱预测方法，着重于网络部署与全国性的业务量分布。GSMA 方法力图通过建立全国业务量映射到各地区的逻辑关系，获取划分的基站群的业务情况，再利用网络部署参数获得最终的频谱需求。GSMA 方法便于进行工程分析，所需的输入数据较容易从国家统计单位和运营商网管系统中取得，但无法分析实际业务类型和业务特性，比较适用于对无线通信网络总体频谱需求的估算。

3.2.2　频谱需求

世界各地很多机构都对公共安全宽带专用移动通信网络的频谱需求进行了研究，各项研究的结果如表 3-1 所示。除此之外，还有很多其他类似的研究。2013 年的一份报告研究了亚太地区七个国家：澳大利亚、新西兰、中国、新加坡、韩国、印度尼西亚和马来西亚，该报告指出公共安全宽带专用频谱的最小需求为 10MHz。阿联酋电信管理机构也进行了一项研究，指出公共安全宽带专用频谱的最小需求为 2×5MHz，2×10 MHz 则可以满足未来增长的需求。总之，尽管不同机构的估计有所不同，但最少为公共安全宽带专用移动通信网络分配 2×10 MHz 专用频谱的建议获得了更多支持。

表 3-1　公共安全宽带专用频谱需求研究

研究	频谱需求
欧洲电子通信委员会第 199 号报告《欧洲未来公共安全宽带通信系统的用户需求和频谱需求》(2013 年 5 月)	主要结论： 未来公共安全宽带广域网的最低频谱需求为 2×10 MHz。 该报告还指出，对于有些国家可能还需要额外的频谱以满足 DMO、AGA、ad hoc 网络等需求
欧洲电信标准化协会 TR 102 628 报告《未来 UHF 频段公共安全无线通信系统的频谱需求》(2010 年 8 月)	主要结论： ● 公共安全窄带通信：2×3 MHz ● 公共安全中速宽带通信：2×3 MHz ● 公共安全宽带通信：2×10 MHz 该报告还指出，由于 1GHz 以下频段具有更好的传输特性，能够穿透建筑物和墙壁，覆盖更大的地理区域，所以最好将公共安全专用通信部署在此频段内

(续表)

研究	频谱需求
德国 WIK 咨询公司研究报告《德国、欧洲和全球的公共安全频谱分配》(2010 年 12 月)	主要结论： 在 1GHz 以下需要上行 15MHz、下行 10MHz
美国国家公共安全通信委员会报告《公共安全通信评估(2012~2022 年)技术、运行及频谱路线图》(2012 年 6 月)	主要结论： ● 最低需求：上行 7.5MHz、下行 6MHz ● 最高需求：上行 13.8MHz、下行 8.9MHz 报告还指出，分配 2×10 MHz 可以基本满足需求，但当发生重大事件时，上行还需要 4MHz 频谱
加拿大国防研究部安全科学研究中心报告《加拿大公共安全宽带互操作移动通信系统的 700MHz 频谱需求》(2011 年 2 月)	主要结论： ● 未来 10 年内，随着频谱利用率的提高，2×10 MHz 专用频谱基本可以满足公共安全数据通信需求 ● 在未来 15 年后，2×10 MHz 专用频谱仍无法满足需求

3.2.3 宽带专用移动通信频谱分配情况

目前，已有多个国家分配了公共安全宽带专用频谱，如表 3-2 所示。

表 3-2　公共安全宽带专用频谱分配情况

国家	宽带专用频谱	总量	技术
美国	758~763 MHz、788~793 MHz 763~768 MHz、793~798 MHz	2×10 MHz	LTE FDD
加拿大	700MHz 频段	2×10 MHz	LTE FDD
韩国	700MHz 频段	2×10 MHz	LTE FDD
澳大利亚	800MHz 频段	2×5 MHz	LTE FDD
日本	170~202.5MHz	32.5 MHz	WiMAX
法国	698~703MHz、753~758MHz 733-736 MHz、788-791MHz	14MHz (注：未来还会补充)	LTE FDD
卡塔尔	791~801MHz、832~842MHz	2×10 MHz	LTE FDD

参考文献

[1] Martin Cave, Chris Doyle and William Webb, ‘Modern Spectrum Management’, Cambridge/New York: Cambridge University Press, 2007

[2] ITU－InfoDev ICT Regulation Toolkit. Available Online at http://www.ictregulationtoolkit.org/en/home (2015-03-25)

[3] ITU－R Radio Regulations. Available online at http://www.itu.int/pub/R－REG－RR (2015-0325)

[4] ITU - R Study Groups. Available online at http://www.itu.int/dms_pub/itu - r/opb/gen/R - GEN - SGB - 2013 - PDF - E.pdf#page=19&pagemode=none (2015-03-25)
[5] ERC Report 25, 'The European Table of Frequency Allocations and Applications in the Frequency Range 8.3kHz to 300 GHz (ECA Table)', May 2014. Available online at http://www.efis.dk/ (2015-03-25)
[6] Electronic Communications Committee (ECC) within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT). Available online at http://www.cept.org/ecc (2015-03-25)
[7] European Commission, 'Radio Spectrum Policy Program: the roadmap for a wireless Europe'. http://ec.europa.eu/digital - agenda/en/radio - spectrum - policy - program - roadmap - wireless - europe (2015-03-25)
[8] European Commission, 'Regulatory framework for electronic communications in the European Union: situation on December 2009', European Union, 2010
[9] ECC Report 205, 'Licensed Shared Access (LSA)', February 2014
[10] ECC Report 46, 'Report from CEPT to the European Commission in response to the Mandate on inclusion of information on rights of use for all uses of spectrum between 400 MHz and 6 GHz', 2013
[11] Directive 2002/20/EC of the European Parliament and of the Council of 7 March 2002 on the authorization of electronic communications networks and services (Authorization Directive) as amended by Directive 2009/140/EC. Available online at http://eur - lex.europa.eu/legal - content/EN/TXT/?uri=CELEX:32002L0020 (2015-03-25)
[12] ECC Report 132, 'Light licensing, license - exempt and commons',

June 2009
[13] Broadband Series, 'Exploring the value and economic valuation of spectrum', ITU Telecommunication Development Sector, 2012
[14] Radio Spectrum Policy Group (RSPG), 'Report on Collective Use of Spectrum (CUS) and other spectrum sharing approaches', 2011
[15] Johannes M. Bauer, 'A comparative analysis of spectrum management regimes', 2006
[16] Resolution 645 (WRC－2000), 'Global harmonization of spectrum for public protection and disaster relief', The World Radio communication Conference, Istanbul, 2000
[17] Report ITU－R M.2033, 'Radio communication objectives and requirements for public protection and disaster relief', 2003
[18] Annex 6 to Working Party 5A Chairman's Report, 'Working document towards the preliminary draft CPM textfor WRC－15 agenda item 1.3', Document 5A/TEMP/163(Rev.1), 2013
[19] CEPT ECC Report 199, 'User requirements and spectrum needs for future European broadband PPDR systems(Wide Area Networks)', 2013
[20] 胡彪.国际频谱管理发展状况初探[J].中国无线电，2009，(11):38-40
[21]杨克俊.无线电频谱经济价值研究的进展[J].中国无线电，2005，(8):11-14
[22] 刘晗，武侠，毕晓伟等. 陆地移动通信频谱需求分析及计算方法[J]. 信息通信，2016，(1):268-269,270
[23] 高永强，张继荣.IMT-Advanced 系统的频谱需求分析[J]. 移动通信，2012，36(4):67-70
[24] 王首峰，张冬晨，汪汀岚等. 基于场景筛选的频谱需求预测算法[J]. 电信工程技术与标准化，2015，(5):34-36

第 4 章　相关组织研究进展

4.1　国际电信联盟

国际电信联盟(简称国际电联、电联或 ITU)是主管信息通信技术事务的联合国机构，负责分配和管理全球无线电频谱与卫星轨道资源，制定全球电信标准，向发展中国家提供电信援助，促进全球电信发展。该组织一直致力于专业通信技术的发展和频谱的分配，在其主办的世界无线电通信大会(WRC)上通过了多个关于专业通信的决议。为有效应对全球范围内的各种应急突发事件和自然灾害，在 2015 年世界无线电通信大会上，各国经过讨论认为在公共保护和救灾(PPDR)业务方面应尽可能使用统一的频谱，鼓励使用 694~894 MHz 宽带频率，以便各国在实施跨国、跨区域的应急救援时能够采取协调一致的行动。

4.1.1　公共保护和救灾相关决议

公共保护和救灾主要指政府部门向公众提供保护及开展救灾的服务。公共保护和救灾部门使用的无线电通信系统对维护法律和秩序、保护生命和财产、赈灾与应急响应等至关重要。近年来各种突发事件与自然灾害频繁发生，为应对这些灾难，并使有关部门能在第一时间做出响应，通信是首先要解决的问题。

2003 年，国际电信联盟通过了《公共保护和救灾》决议(第 646 号决议)，为全球公共保护和救灾专用通信的发展奠定了良好基础。该决议概括了公共保护和救灾无线电应用的技术现状，以及公共保护和救灾对技术的需求，明确了无线电管理部门、公共保护和救灾部门在无线电通信方面的责任。该决议鼓励各国在制定频率规划时，考虑为公共保护和救灾通信分配专用频段；要求各国在出现紧急状况或救灾时能满足频率的临时需求，最大限度地使用现有的和新的(卫星和地面)技术、方案来满足互操作性需求；鼓励使用先进的无线解决方案，在规划频谱使用和实施中，遵循并利用相关的 ITU-R 建议书；建议使用区域内统一的频段。

在频谱划分方面，第 646 号决议将全球划分为中东和欧洲、美洲、亚太三个区域，鼓励各国主管部门在制定国内规划时，将区域频谱划分方案纳入考虑范围，以使区域内的频段得到统一。具体的频谱分配如下：

区域 1(中东和欧洲)：380~470 MHz，其中 380~385/390~395 MHz 作为 PPDR 的核心频段；

区域 2(美洲)：746~806 MHz、806~869 MHz、4940~4990 MHz；

区域 3(亚太)：406.1~430 MHz、440~470 MHz、806~824/851~869 MHz、4940~4990MHz、5850~5925MHz，以及部分国家使用的 380~400MHz、746~806MHz。

2007 年，国际电信联盟又通过了《应急和救灾无线电频谱管理指导原则》(第 647 号决议)，进一步落实了第 646 号决议。第 647 号决议鼓励各国主管部门在制定国内规划时，应考虑到全球或区域性应急和赈灾频段，保留现有频率，以用于早期赈灾和人道主义援助；责成无线电通信部主任协助成员国开展应急通信备灾活动，建立在紧急情况下可用的频率(不仅限于第 646 号决议中所列频率)数据库；维护该数据库，并为各国主管部门、国家监管机构、赈灾部门和组织(特别是联合国紧急援救协调员)接入数据库提供便利；酌

情与联合国人道主义事务协调办公室以及其他组织合作，制定并推广灾害发生时使用的标准操作程序和频谱管理方案。

2012 年，国际电信联盟在世界无线电通信大会上对第 646 号决议和第 647 号决议进行了修订。在这次会议上，为公共安全领域划出一段全球或者区域统一的专用宽带频率已经成为世界各国的共识。会议决定立即启动公共保护和救灾宽带通信方面的研究，同时要求各成员国派员参与研究。

2015 年，国际电信联盟再次对第 646 号决议和第 647 号决议进行了修订。此次修订的第 646 号决议鼓励各国主管部门开展以下工作：①尽可能在公共保护和救灾通信中使用统一的频段，在为公共保护和救灾通信应用(特别是为宽带)规划频谱时，考虑采用 ITU-R M.2015 建议书所述的 694~894MHz 范围的部分频段；②在区域 1 将 380~470MHz、在区域 3 将 406.1~430MHz、440~470MHz 和 4940~4990MHz 频率用于公共保护和救灾；③在紧急和救灾的情况下，与其他主管部门达成协议，除提供正常频率之外，还要满足对频率的临时需求；④在不触及国内法律的情况下，通过相互合作和磋商，为在紧急和救灾情况下所使用的无线电通信设备的跨境流通提供便利；⑤继续与其公共保护和救灾相关机构紧密合作，继续完善 PPDR 活动的操作要求。此外，希望各国主管部门动员公共保护和救灾相关机构在规划频谱和实施技术支持时，充分考虑 ITU-R 的建议。

4.1.2　发布的研究报告

(1) ITU-R M.2291 报告

2013 年 12 月，国际电信联盟发布了《使用 IMT 部署宽带公共保护和救灾应用》(ITU-R M.2291 报告)。该报告详细介绍了 IMT 技术在满足公共保护和救灾宽带通信需求方面的能力、LTE 系统的优点以及其他 IMT 技术的能力，并介绍了采用 IMT 部署宽带 PPDR

的案例。

(2) ITU-R M.2009 建议书

2015 年 2 月，国际电信联盟发布了新版《UHF 频段公共保护和救灾操作的无线接口标准》(ITU-R M.2009 建议书)，建议在部署公共保护和救灾通信系统时采用以下无线接口标准：

宽带标准：IMT-2000 CDMA-MC、IMT-2000 CDMA-DS、IMT-2000 OFDMA TDD WMAN、IMT-2000 TDMA-SC、IMT-2000 CDMA-TDD、LTE-Advanced、SCDMA、B-TrunC。

窄带标准：Project25、TETRA、DMR。

(3) ITU-R M.2015 建议书

2015 年 2 月，国际电信联盟发布了新版《根据 646 号决议(WRC-12 修订版)在 UHF 频段分配公共保护和救灾无线通信系统频谱》(ITU-R M.2015 建议书)。该建议书介绍了区域公共保护和救灾专用频谱的分配情况，并建议主管部门在 1GHz 以下分配 PPDR 专用频谱时参考如下建议：

在区域 1，在 380~470 MHz 频率范围内分配窄带和较大宽带专用频率。目前在欧洲，380~385/390~395 MHz 是 PPDR 的核心频段，较大带宽系统则使用了 380~470 MHz 频段的部分频率，其中 DMO 直通模式使用了单工信道 380~380.150 MHz 和 390~390.150 MHz，AGA 空地空模式使用了双工信道 384.800~385 MHz 和 394.800~395 MHz；384.750~384.800 MHz 和 394.750~394.800 MHz 可以作为补充信道。

在区域 2，在 763~776 MHz 和 793~806 MHz 频率范围内分配窄带、较大带宽和宽带专用频率。目前，美洲国家电信委员会(CITEL)已经将 764~776 MHz 和 794~806 MHz 用于公共保护和救灾。在这个频段内，主管部门可以考虑以下两种频谱分配，如表 4-1、表 4-2 所示。

表 4-1　加拿大分配情况

基站发射(MHz)	移动台发射(MHz)	频率用途
764~768	794~798	PPDR(具体应用未定)
768~776	798~806	PPDR 窄带和较大带宽

表 4-2　美国分配情况

基站发射(MHz)	移动台发射(MHz)	频率用途
758~768	788~798	PPDR 宽带
769~775	799~805	PPDR 窄带
768~769	798~799	PPDR 保护频带

在区域 3，在 406.1~430 MHz 频率范围内分配窄带专用频率。部分国家在 406.1~410 MHz 部署了窄带陆地集群通信系统；部分国家在 410~430 MHz 部署了数字集群陆地移动通信系统。

在 806~824 MHz 和 851~869 MHz 频率范围分配窄带和宽带专用频谱。

(4) ITU-R M.2377 报告

2015 年 7 月，国际电信联盟发布了《公共保护和救灾无线通信需求与目标》(ITU-R M.2377 报告)，提供了有关支持窄带、较大带宽和宽带 PPDR 操作的系统和应用的细节。该报告共包括 8 章内容和 12 个附录，分别是：第 1 章“引言”、第 2 章“范围”、第 3 章“公共保护和救灾通信系统的目标和需求”、第 4 章“公共保护和救灾通信应用”、第 5 章“公共保护和救灾通信频谱方面的考虑”、第 6 章“窄带/较大带宽公共保护和救灾通信系统”、第 7 章“公共保护和救灾宽带通信需求与演进”、第 8 章“发展中国家的需求”、附录 1“参考文献”、附录 2“缩略语”、附录 3“公共保护和救灾通信操作”、附录 4“公共保护和救灾通信应用和案例”、附录 5“公共保护和救

灾通信需求”、附录 6“公共保护和救灾窄带和较大带宽通信的频谱需求”、附录 7“公共保护和救灾宽带通信频谱计算和场景”、附录 7A“欧洲邮电管理委员会关于公共保护和救灾宽带通信频谱需求的计算方法”、附录 7B“阿拉伯联合酋长国的公共保护和救灾宽带 LTE 通信系统频谱需求”、附录 7C“公共保护和救灾宽带通信应用场景吞吐量需求”、附录 7D“部署公共保护和救灾 LTE 通信的代表案例”、附录 7E“中国基于 LTE 的公共保护和救灾宽带通信的频谱计算”、附录 7F“韩国公共保护和救灾宽带通信频谱需求”、附录 8“中国公共保护和救灾宽窄通信网络融合研究”、附录 9“公共保护和救灾标准化活动”、附录 10“采用大功率终端以扩大农村地区覆盖面积”、附录 11“全国性关键任务公共保护和救灾无线通信系统的 37 个功能需求”、附录 12“印度公共保护和救灾通信需求和应用案例”。

4.2 TETRA 和关键通信协会

TETRA 和关键通信协会(TCCA)的前身是 1994 年 12 月成立的全球 TETRA 协会(TETRA Mou)。2011 年 11 月，全球 TETRA 协会更名为 TETRA 和关键通信协会，并逐渐成为全球专用通信领域中最知名和最具影响力的组织之一，在全球 30 个国家拥有 160 余位会员，包括摩托罗拉、海能达、欧宇航等知名公司。

目前，在公共安全、能源和交通等行业领域，对支持大数据业务的无线通信需求越来越强烈，专业通信宽带化是未来的必然趋势。为此，TETRA 和关键通信协会成立了关键通信宽带组，致力于研究下一代宽带专业集群系统，为正在考虑采用应急无线宽带业务的用户、运营商以及其他人员、团体提供必要的信息与指导，为标准的制定和设备的可用性设定时间表，对 TETRA 和其他现有的应急通信系统向 LTE 技术演进规划路径。在技术标准化方面，TETRA 和

关键通信协会与 3GPP 标准组织展开密切合作，在 LTE 标准的基础上增加语音指挥调度等功能，促进下一代专网宽带技术的标准化。

TETRA 和关键通信协会 2013 年以来的研究成果如下：

(1) 《任务关键型移动宽带通信——切合实际的标准化及对路线图的考虑》

2013 年 2 月，TETRA 和关键通信协会发布《任务关键型移动宽带通信——切合实际的标准化及对路线图的考虑》白皮书。白皮书指出，当前普遍认为 LTE 是解决移动网络带宽限制问题的下一代技术。对于关键任务通信而言，此技术结合了高带宽数据和低延时特点，提供了呼叫建立时间短的集群通信平台。第三代合作伙伴关系计划和其他标准组织正在进行利用 LTE 技术实现关键通信应用的研究，包括 LTE 群组通信系统、基于 Proximity 的服务、公共安全网络的恢复、通过 LTE 技术传输 PTT 语音应用的标准和向多媒体群组通信的演进。

白皮书指出，在关键通信的 PTT 语音选择及其向多媒体群组通信的演进方面，第一个商业 LTE 在 2011 年底得到部署，但仅用于数据服务。目前基于移动办公手机对讲业务(MOA PoC)的解决方案并不能为关键任务语音群组通信提供可靠的解决方案，标准定义机构需要为新的多媒体集群通信服务制定新的关键移动通信应用标准，而为提供新的多媒体集群服务仍需要做大量工作。创造一个通用的连接 LTE 的“LMR/PMR”接口将使所有现用标准和技术能够轻易地接入与升级，通过 LTE 提供关键通信服务需要欧洲电信标准化协会和第三代伙伴关系计划完成标准化工作。TETRA 和关键通信协会正在为这些标准化进程做出积极努力，使标准既能够满足用户需求，也能实现不同地区现有系统的升级和互操作性。

(2) 《任务关键型移动宽带战略案例——关键通信用户未来需求综述》

2013 年 12 月，TETRA 和关键通信协会发布了《任务关键型移

动宽带战略案例——关键通信用户未来需求综述》白皮书。白皮书阐述了当前关键通信技术的现状，指出大多数关键通信用户仍使用窄带数字集群系统，有少数北欧国家使用了中速带宽集群技术TED，美国正在建设公共安全LTE专用网络。白皮书对任务关键通信进行了定义，调研了用户的需求，并从资金和频谱两方面阐述了当前是否能够部署任务关键型宽带通信系统，认为建设任务关键型宽带网络需要投入大量资金，各国主管部门要做好准备。白皮书指出，频谱问题非常重要，任何移动通信系统都需要合适的频谱，任务关键型宽带通信需要 2×10MHz 频谱，但很多国家还很难在短时间内拿出20 MHz专用频谱。

(3) 《面向关键通信用户的宽带移动通信解决方案综述》

2013年12月，TETRA和关键通信协会发布了《面向关键通信用户的宽带移动通信解决方案综述》白皮书。白皮书指出，鉴于公共安全、消防、急救以及保护国家关键基础设施的机构对高速数据移动通信的需求日益强烈，各方需要积极采取措施，将高性能移动数据通信技术和设备提供给那些负责保护公民安全、维护公众健康的机构。目前主要的解决方案包括：直接使用标准的商业网络，成为移动虚拟网络运营商，使用公司所有的专用网络，建设运营自有的专用网络，以及上述几种方法的组合。

(4) 《TETRA和LTE协同工作》

2014年6月，TETRA和关键通信协会发布了《TETRA和LTE协同工作》白皮书。白皮书首先阐述了关键通信的本质，即能在任何时候任何地方保障应急的基本语音通信需求，并说明了现有窄带数字集群通信系统在优先级、应急语音通话、覆盖范围、脱网直通、语音加密等方面的优点。白皮书指出，目前各国已经投入使用的窄带数字集群通信系统在中短期内是无法替代的，TETRA和LTE系统共存是最佳的解决方案。用LTE完全替代TETRA实现语音通信在技术上还需要一段时间，同时即使在技术上实现了这些功能，在

时间短、资金有限的情况下也无法满足覆盖面积的要求，因此在以后的很多年里 LTE 将与 TETRA 共存。

(5) 《面向关键通信市场的 TETRA、LTE 和其他宽带技术相对优点研究》

2015 年 2 月，TETRA 和关键通信协会发布了《面向关键通信市场的 TETRA、LTE 和其他宽带技术相对优点研究》白皮书。白皮书比较了 TETRA、LTE 和其他宽带技术的优劣势，并分析了未来 10 年内各个技术的发展预期，认为对很多行业来说，TETRA 仍然可以满足其需求，在专业通信领域 TETRA 将与 LTE 技术长期共存互补。对于 LTE 专用网络来说，一是需要等待标准完成，二是需要分配合适的频谱。白皮书指出，到 2025 年 LTE 专用网络将在全球范围内出现较大增长，尤其是在 2020~2025 年的这五年中，而第一批符合关键任务通信的 LTE 设备将于 2018 年投放市场，届时在 LTE 专用网络和移动网络运营商网络上都会取得较大发展，但 LTE 专用网络需要分配专用频谱。

4.3　第三代合作伙伴计划

第三代合作伙伴计划(3GPP)是一个成立于 1998 年 12 月的标准化机构。成立之初的主要目标是研究制定并推广基于演进的 GSM 核心网络的 3G 标准，即 WCDMA、TD-SCDMA、EDGE 等。目前成员包括欧洲电信标准化协会、日本的无线工商业联合会和电信技术委员会、中国通信标准化协会、韩国的电信技术协会和北美的电信行业协会。第三代合作伙伴计划分为项目合作组和技术规范组两类。其中项目合作组主要负责第三代合作伙伴计划的总体管理、时间计划、工作的分配等，具体的技术工作则由各技术规范组完成。

技术规范组负责 EDGE 无线接入网、无线接入网、系统方面、业务方面、核心网与终端。

自 2009 年起，第三代合作伙伴计划积极开展专业宽带移动通信标准的研究工作，旨在将集群通信融合到 LTE 标准中，计划于 2018 年初在 LTE 标准中融合所有的集群通信功能(见图 4-1)。为确保 LTE 标准能在计划的时间内完成集群功能，第三代合作伙伴计划成立了关键任务应用组，专门负责关键任务型通信 LTE 标准的研究工作。其具体研究内容包括：相关应用架构，包括网络和终端方面；相关应用功能组件接口定义；向特殊子系统、组件分配应用功能和应用协议的确认。

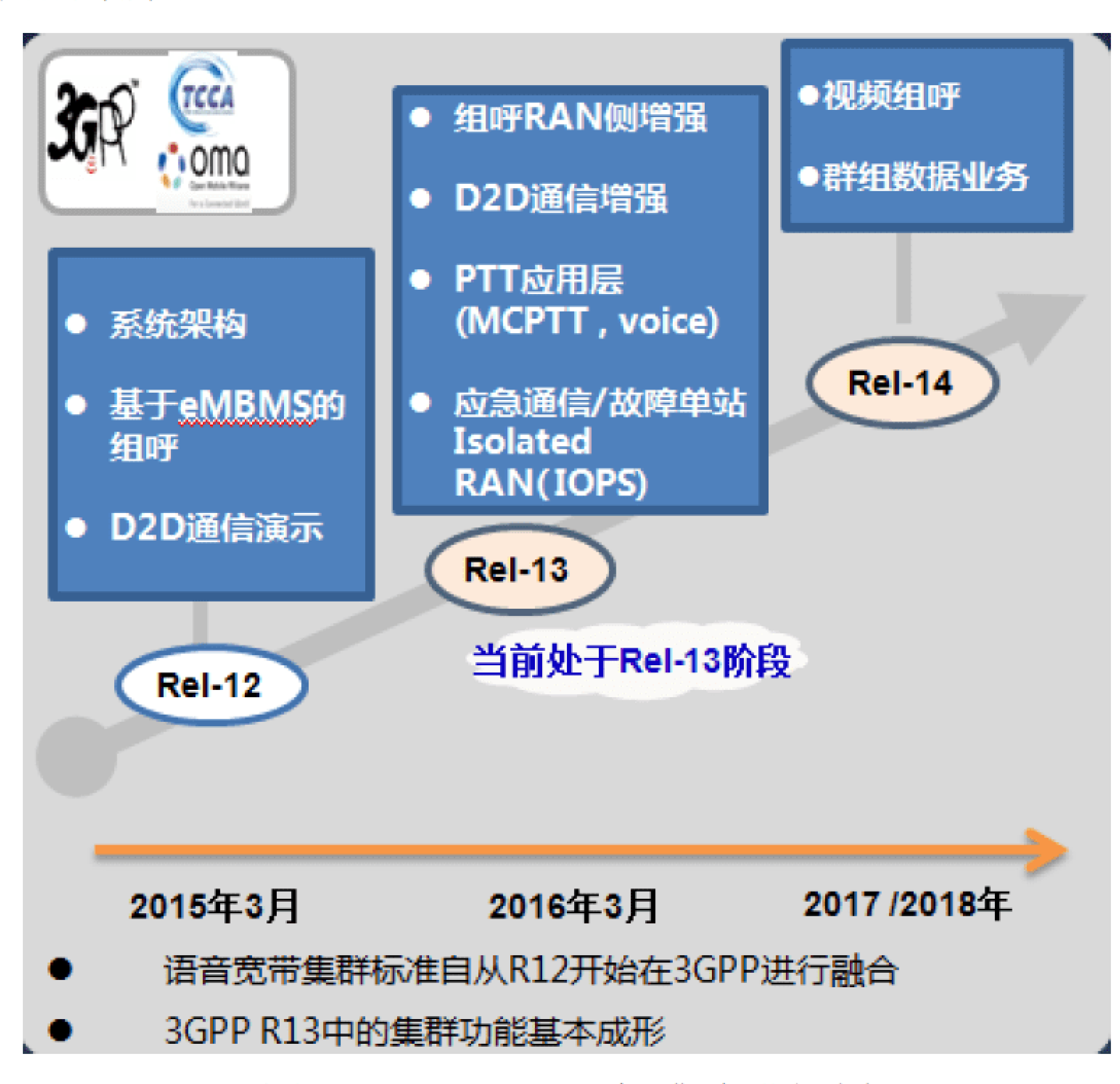


图 4-1　3GPP LTE 标准演进规划

4.3.1　在专用宽带通信方面的研究目标

(1) 实现 LTE 集群通信体制

研究目标是解决第三代合作伙伴计划标准演进，以期支持基于

LTE 的各种媒体(语音、视频、消息等)群组通信，允许应用层和第三代合作伙伴计划体制共同支持群组通信，具有相应的优先级处理、性能特性和资源使用效率；高效率多点传送业务的特殊要求，以补充当前 LTE 广播能力(特别是视频流)。第三代合作伙伴计划在 LTE Release12 版本中包括了这些演进。

(2) 基于临近的业务

研究目标是满足关键通信和商用通信的 LTE 直通模式或者邻近业务(设备对设备)的需求。这些业务包括发现机制、在网络覆盖外的直接通信能力和中继能力，而后者只限制给关键通信使用。第三代合作伙伴计划在 LTE Release12 版本中包括了这些演进。

(3) 公共安全网络的生存性

网络的生存性的一个主要体现是业务的降级能力。比如，网络中如果基站与核心网络之间的连接丢失，基站还可提供 PTT 对讲语音服务和语音广播服务，使得在本地还可以使用无线电台。又如，可部署一个配备 LTE 基站(eNB)或一组 eNB 的移动指挥所，方便地为超出 ProSe 直通模式范围外的设备提供通信。移动指挥所的 eNB 可以是一台不需要连接到核心网的 eNB，或者是没有回传链路但可互相连接的一组 eNB 基站。3GPP SA 的新研究项目的第一步是寻找解决 LTE 网络的生存性，以及对公共安全和关键通信系统的适用性有影响的其他问题。

(4) 基于 LTE 的 PTT 对讲语音应用标准及其向多媒体(语音、数据、视频等)群组通信的演进

第三代合作伙伴计划认为创建一个与 LTE 相连的通用“LMR/PMR”接口，是便于所有的现有标准和技术互相衔接和迁移的理想方式。为实现点对点高效传输和针对 LTE 网络的接口，需要对 LTE 进行增强处理，这项工作预期在第三代合作伙伴计划中通过 GGCSE-LTE 和 ProSe 研究项目加以标准化，在欧洲电信标准化协会中通过关键移动通信服务加以标准化。

4.3.2 宽带专用 LTE 方面的研究进展

2015 年 3 月，第三代合作伙伴计划正式终止 LTE Release12 版本制定工作项目，在 LTE Release 12 版本演进中实现了 LTE eMBMS 的组呼和网络覆盖外的直接通信能力及中继能力。

2015 年 4 月，第三代合作伙伴计划与移动通信标准组织移动通信联盟正在完成一项版权协议的签署，该协议将准许第三代合作伙伴计划采用移动通信联盟的“公共安全 PTT 对讲”规范，用于第三代合作伙伴计划的关键任务 PTT 对讲标准的制定。“公共安全 PTT 对讲”规范基于移动通信联盟的“移动电话 PTT 对讲”标准。该版权协议已经得到移动通信联盟董事会的批准，目前在第三代合作伙伴计划的各个标准组织之间进行签字。该协议对第三代合作伙伴计划新设立工作组的工作进展提供了至关重要的支持，将允许他们直接使用“公共安全 PTT 对讲”1.0 的内容来完成第三代合作伙伴计划的“关键任务 PTT 对讲”标准，而不必“从零开始”。此项版权协议将确保 LTE“关键任务 PTT 对讲”标准能够尽快制定完成。

2016 年 3 月，3GPP 在瑞典哥德堡会议上完成了关键任务型 PTT 对讲(MCPTT)标准，该标准将被包含在 LTE Release13 版本中。这标志着专业宽带系统将具备传统窄带系统的 PTT 功能，相关产品在两年内即可上市。

LTE Release14 版本规范的制定工作还在进行中，预计将于 2017 年 6 月完成，届时将包括关键任务型视频和数据相关标准。

4.4 欧洲电子通信委员会

欧洲电子通信委员会(ECC)是欧洲邮政与电信委员会的下属机构，负责制定欧洲电子通信方面的政策和规章，尤其是频谱分配方面的政策。多年来，欧洲电子通信委员会一直致力于在泛欧洲范围

内分配统一的公共安全宽带专用频谱，从而保障欧洲各国公共安全机构在边境地区通信的互操作性，确保欧洲公共安全宽带专用移动通信的规模，避免各国由于采用不同网络而造成的设备成本上涨。欧洲电子通信委员会在其 2015~2020 年战略规划中指出，促进泛欧洲范围内国家分配统一的公共安全宽带专用频谱是其主要战略议题之一。

4.4.1　政策文件

世界上绝大多数国家都非常重视公共安全机构的建设、运行和发展，公共安全机构对于维护法律和秩序，保护公众的生命及财产安全至关重要。对大多数国家来说，公共安全机构与公共社会有着紧密联系，它或作为政府机构的分支，或履行政府机构的职能，活动经费由国家提供。

各国公共安全机构的运行机制的要求和国家的总体要求有很大区别，甚至一个国家的各个地方政府在此方面的要求也大不相同。因此，除非整个欧洲采取经各国同意的统一政策，否则公共安全机构所采用的技术和服务市场将相当碎片化，这将大大增加各国的成本。因此，欧洲高层政策目标就是支持建立尽可能大的公共安全宽带专用通信市场，特别是通信终端设备市场，同时确保根据各个国家的实际需求提供宽带专用移动通信服务。

近年来，欧洲不同机构通过了若干个欧洲高层政策文件，涉及统一实施公共安全宽带专用通信解决方案的方方面面，其中很多都侧重于使用无线宽带技术来满足公共安全机构的通信要求。具体包括：

(1)　斯德哥尔摩计划

欧盟理事会专门提出名为“一个开放和安全的欧洲——服务和保护公众”的斯德哥尔摩计划，实施周期为 2010~2014 年，号召欧洲国家政府在边境管理和救灾等领域开展更加密切的合作。该计划

的目标是“为了进一步改善欧盟安全，应研究内部安全策略，例如保护欧洲公民的生命和财产安全，消除有组织犯罪、恐怖主义以及其他威胁。欧盟的战略是加强执法、边境管理、民众保护、灾难处置和犯罪司法等方面的协调，最终让欧洲变得更加安全。”

(2) 欧盟理事会的建议

欧盟理事会于 2009 年提出了“改善边境地区政府机构间无线通信能力的建议”，强调了边境地区公共安全机构使用的通信设备间互操作性的重要性。建议指出：“有效地跨边境协调需要足够的通信能力，包括实现边境地区不同成员国运营服务商的无线通信系统之间的互操作性。”

(3) 执法工作组－无线通信专家组声明文件

执法工作组－无线通信专家组(LEWP-RCEG)由公共安全机构、欧盟执法机构的高级代表和欧洲自由贸易联盟成员组成，自 2009 年起，执法工作组－无线通信专家组进行了多个关于公共安全机构用户需求、频谱需求的研究，阐明了其公共安全专用频谱协调的目标。

执法工作组－无线通信专家组在 2012 年 10 月表示：“执法工作组－无线通信专家组要求欧洲电子通信委员会/欧洲邮电委员会频谱工作组考虑公共安全机构对于关键任务型宽带解决方案的需求，并且基于此需求来分配统一频率。”在 2013 年和 2014 年再次表示：“唯一可行的公共保护和救灾宽带通信的统一频谱应该为 700 MHz；除了 700 MHz 之外，某些国家的农村地区也可以灵活地使用 400MHz。”

(4) 无线频谱政策计划

欧盟关于多年度无线频谱政策项目的决定(欧洲议会和欧盟理事会 243/2012/EU 号决定)在第 8.3 节中明确地说明了对公共保护和救灾的频谱要求：“欧盟委员会应该协调成员国，寻求确保在统一条件下提供足够的频谱，以支持安全服务的发展、相关设备的自由流

通以及对公共安全和保护、公民保护和救灾的互操作性解决方案的创新发展。”

(5) 欧盟关于 700MHz 的命令

为回应无线频谱政策计划，欧盟委员会 2013 年 2 月发布了针对欧洲邮政与电信委员会的“发展欧盟 694~790 MHz(700 MHz)频带统一技术条件以支持欧盟无线宽带频谱政策目标和其他应用”的命令。

关于对公共安全宽带专用通信的要求，命令陈述如下：“1GHz 频段以下的频谱在覆盖范围上具有独一无二的优势，是非常宝贵和稀缺的频率资源。这使得 700MHz 不仅适用于电子通信服务、广播服务，还适用于诸如公共保护和救灾之类的公共安全服务。尤其是未来可能会采用商业无线宽带技术来部署公共安全宽带专用移动通信网络，这将需要在频谱分配和使用之外形成协同效应。”命令进一步陈述道：“欧洲邮政与电信委员会受命进行技术研究，以完成以下任务：确定在 694~790 MHz 频带内，确定采用无线宽带技术进行电子通信服务的通用的和最低的(最少受限的)技术条件，以及利用该技术条件进行的公共保护和救灾服务。”

4.4.2　设立频谱管理工作组

为实现上述目标，欧洲电子通信委员会 2010 年 3 月召开了“公共安全专用移动通信系统频谱需求”研讨会，会上各方一致同意设立专门协调公共安全宽带专用频率事宜和研究频谱需求的工作组。

2011 年 6 月，欧洲电子通信委员会正式成立了 FM49 工作组，目的是在未来中长期内(2025 年之前)实现公共安全宽带专用频谱的分配，制定公共安全宽带通信技术发展的路线图，评估欧洲范围内 1GHz 上下的可用频谱资源，并考虑跨国界的通信互操作问题。FM49 项目组成立之后，首先明确了两大任务，一是明确公共保护和救灾的宽带通信需求；二是在泛欧洲范围内进行顶层设计，规划欧洲公

共保护和救灾宽带专用移动通信网络的框架，实现必要层次的互操作性，并规定了完成时间。

2012 年 6 月，欧洲电子通信委员会发布了名为《公共保护和救灾相关需求应用分类》的报告。该报告概述了公共保护和救灾的无线通信应用需求，包括技术描述、公共安全机构通信服务等，以及公共保护和救灾的宽带专用移动通信系统的功能和操作需求。

2013 年 5 月，欧洲电子通信委员会发布了《未来欧洲宽带 PPDR 系统的用户需求和频谱需求》(第 199 号报告)，阐述了用户需求和欧盟对未来宽带公共保护和救灾系统(广域网)的需求。第 199 号报告的主要结论是未来欧洲公共安全宽带专用移动通信系统最少需要 2×10 MHz 频谱，并指出个别国家还会有额外的频谱需求，以满足终端到终端、空-地-空、自组网和通过广域网的语音通信。报告还称，公共安全机构的无线通信系统建设是各国的内部事务，欧洲不同国家对公共安全机构运行的要求可能存在很大不同，这意味着应由各个国家自己决定公共安全宽带专用频谱的需求量和最适合本国的网络实施模式。

4.4.3 拟定频谱分配方案

2015 年 10 月，欧洲电子通信委员会发布了《统一实施未来欧洲宽带 PPDR 系统的条件和频段》(第 218 号报告)，向分配统一的公共安全宽带专用频谱迈出了重要一步。报告指出，可以通过“灵活统一”的概念有效地满足公共安全宽带移动通信的需求，并且能够在最大程度上实现“统一”的同时，让各国灵活选择解决方案。欧洲公共安全宽带“灵活统一”概念由以下要素组成：

- 相同的技术标准(例如 LTE 及其演进)；
- 灵活性由本国决定，在统一的频率范围内根据本国需求为公共安全宽带专用网络分配频谱；

- 由各国选择适合本国国情的网络建设和运营实施方案(专用、商用或者混合模式)。

第 218 号报告指出，为建立泛欧洲范围内可跨边境操作的公共安全宽带专用网络，实际上并不需要各国分配相同的频带，通过选择合适的统一频段以及采用相同的技术标准(如 LTE)，就可以实现该目标。应该注意，在公共安全宽带网络统一频率范围的情况下，只能通过多频带用户设备来实现所要求的互操作性。实施“灵活统一”的概念表明可以用一种方式促进形成更大的公共安全专用通信市场，并且最终还会提高欧洲企业的竞争力和面向世界市场的出口机会，采购成本能得到进一步降低。

基于以上观点和对系统兼容性的研究，第 218 号报告确定以下频谱范围可以用于欧洲邮政与电信委员会国家实施公共安全宽带专用移动通信服务：400MHz(410~430MHz、450~470MHz)和 700MHz(694~790MHz)。

正如第 199 号报告中推测的那样，400MHz 频率范围并没有提供足够可用的频谱，无法提供 2×10 MHz 的解决方案。所以，400MHz 频率范围可为各国提供灵活性，例如，在 700MHz 之外提供额外的频谱，700 MHz 范围则可被视为部署公共安全宽带专用网络的独立频谱解决方案。这是因为 700 MHz 范围具有足够的频谱来部署公共安全宽带专用网络，且可以采用商用网络或者商业网络-专用网络相结合的解决方案，满足公共安全宽带通信需求。

4.4.4　规划向宽带过渡路线图

假设把“灵活统一”概念当成目前欧洲公共安全通信向宽带演进的基础，以此按照时间制定了未来发展的过渡路线图(至 2025 年)，该图可以帮助各国管理部门规划公共安全宽带专用无线通信网络，如图 4-2 所示。长期的发展如图 4-3 所示。

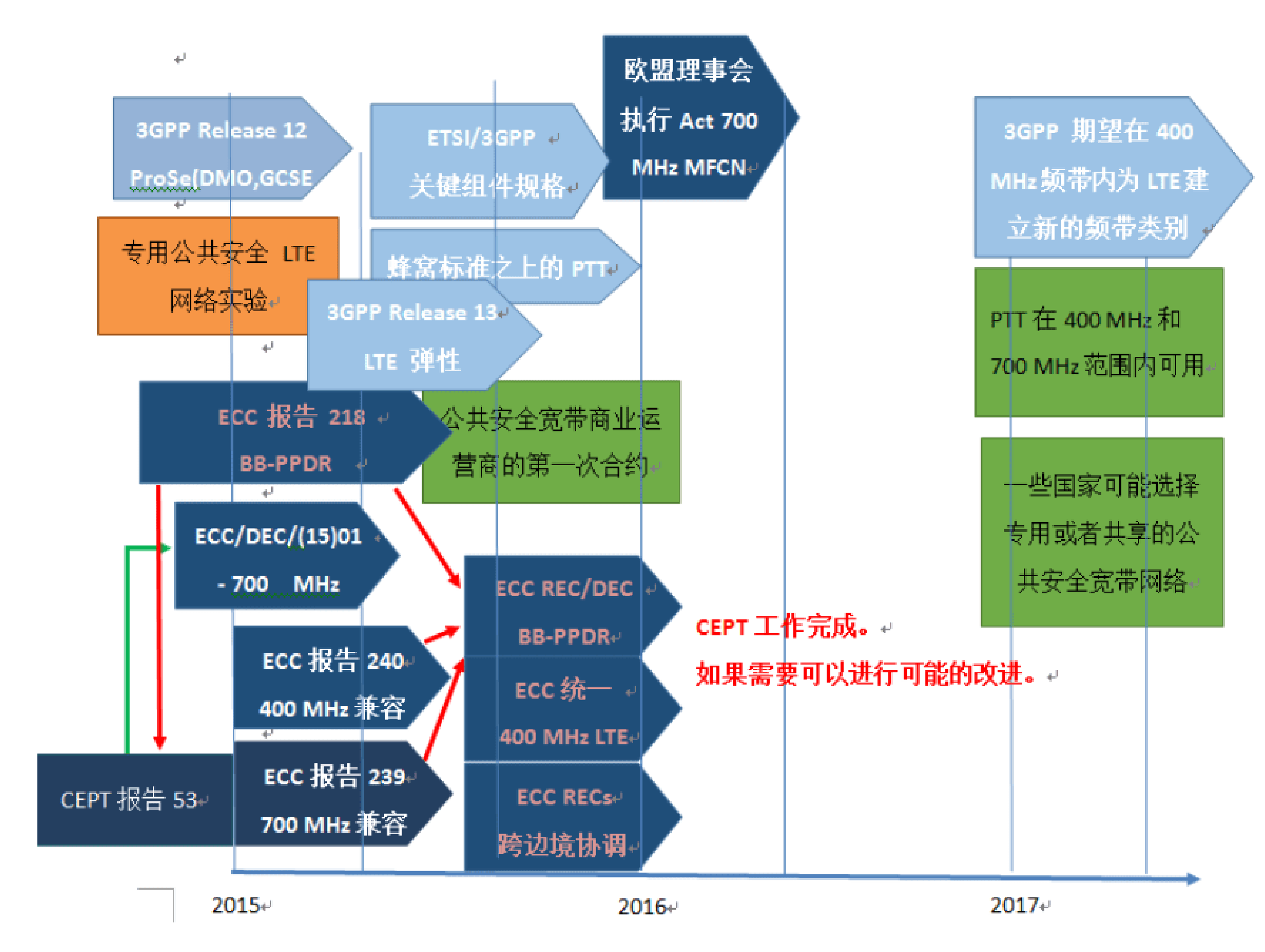


图 4-2　欧洲公共安全宽带通信过渡路线图

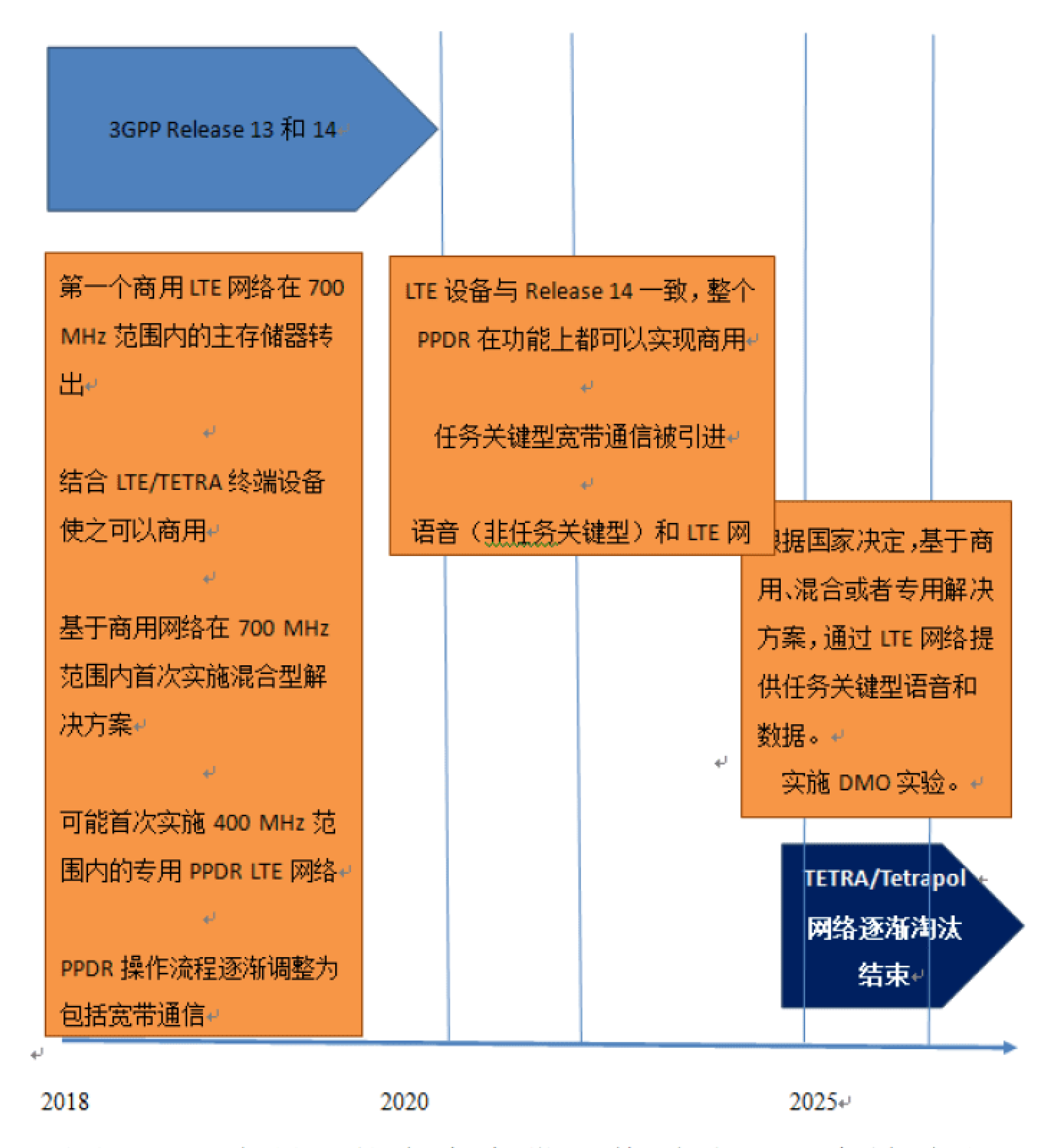


图 4-3　欧洲公共安全宽带通信过渡——实施阶段

4.5　美国国家公共安全通信委员会

美国国家公共安全通信委员会(NPSTC)成立于 1994 年，是一个由消防、应急、执法、交通和其他电信组织自愿组成的非政府性质的公共安全机构，旨在通过合作来提高公共安全通信性能，实现互操作性。从 2010 年起，美国国家公共安全通信委员会开始评估美国各级政府和联邦机构对无线通信的需求，找出其中的问题，并提出合理可行的解决方案。

目前，美国国家公共安全通信委员会下设 3 个委员会，分别是互操作性委员会、频谱管理委员会、技术与宽带委员会。其中，技术与宽带委员会重点从事当前和未来可改善公共安全通信能力的技术研究，下设 6 个工作小组，分别是：宽带部署系统组、宽带新兴技术组、LMR 向 LTE 过渡组、无线程序兼容需求组、视频技术建议组。这些工作组针对美国公共安全宽带专网进行了全面研究，发表了多个报告和专题文章。

4.5.1　2012 年之前的研究成果

(1) 《公共安全 700MHz 宽带需求》

2007 年 11 月 8 日，美国国家公共安全通信委员会发布了《公共安全 700MHz 宽带需求》报告，全面阐述了公共安全宽带通信的操作需求、应用和服务需求、安全需求、网络要求以及脱网直通需求。

(2) 《700MHz 公共安全工作组报告和建议》

2009 年 9 月 4 日，美国国家公共安全通信委员会发布了《700MHz 公共安全工作组报告和建议》。该报告建议：建设区域 LTE 网络，并持续关注 LTE 标准的进展，未来推动将专网需求加入 LTE 标准中；争取 D Block 5+5MHz 频谱用于公共安全。

(3) 《国家公共安全宽带网络的优先级和 QoS》

2012 年 4 月 17 日，美国国家公共安全通信委员会发布了《国家公共安全宽带网络的优先级和 QoS》报告(第一版)，对国家公共安全宽带网络的优先级和 QoS 框架需求进行了研究，包括接入网空中接口、接入优先级、上传优先级、带宽管理、组优先级、回程和 IP 网络优先级、配置和用户识别管理、使用记录、系统间优先级(与非专网通信)。

(4) 《公共安全通信评估(2012~2022 年)技术、运行及频谱路线图》

2012 年 6 月 5 日，美国国家公共安全通信委员会发布了《公共安全通信评估(2012~2022 年)技术、运行及频谱路线图》报告。报告分为五部分：总结摘要、业务运行报告、技术报告、频谱报告和附件，概述了公共安全通信和应急业务操作的现状与未来远景，从技术、频谱计算、应用需求等方面提出了建议。报告认为，和语音需求一样，数据通信需求预计在未来几年会迅速增长，很多新业务和新技术对公共安全用户来说已经成为可能，如遥控机器人拆除炸弹、帮助消防员远程获取建筑图。

(5) 《应用案例与公共安全多媒体应急服务需求》

2012 年 11 月，美国国家公共安全通信委员会发布了《应用案例与公共安全多媒体应急服务需求》报告。该报告对公共安全多媒体应急服务的优点、安全影响和成本等方面进行研究，阐述了公共安全对多媒体应急服务的总体需求，以及网络需求、优先级管理需求、用户终端需求和脱网直通需求，并详细介绍了 15 个应用案例，全面说明了公共安全对文本、图像、视频片段、实时视频、传感器数据传输的需求。

(6) 《公共安全宽带高级启动需求——第一响应人员网络管理局需要考虑的需求阐述》

2012 年 12 月 7 日，美国国家公共安全通信委员会发布了《公

共安全宽带高级启动需求——第一响应人员网络管理局需要考虑的需求阐述》报告。该报告建议在部署和运维国家公共安全宽带专用通信网络时，第一响应人员网络管理局应当考虑美国国家公共安全通信委员会定义的高级启动需求，并且在未来对需求进行更详细的研究，以加速部署国家公共安全宽带网络。

4.5.2　2013 年的研究成果

(1)　《T-频段报告(470~512 MHz)》

美国 2012 年通过了《中产阶级减税及创造就业法》，要求公共安全机构在获得 D Block 后，需在 9~11 年内退还公共安全窄带语音频段——T 频段(470~512 MHz)。美国国家公共安全通信委员会针对这一问题进行了研究，并在 2013 年 3 月 15 日发布了《T-频段报告(470~512 MHz)》。报告认为，目前缺乏部署公共安全窄带网络的频谱，重新分配该段频谱的成本过高，对现有部署和投资影响很大，且重新拍卖该段频谱的收益还无法负担重新分配频谱的成本。因此，国会应该重新审议相关事宜，修改法案，撤销上述决定。

(2)　《公共安全宽带 LTE PTT 对讲需求》

2013 年 7 月 18 日，美国国家公共安全通信委员会发布了《公共安全宽带 LTEPTT 对讲需求》报告。报告认为，在紧急情况下，公共安全级 PTT 语音通信仍然是第一响应人员最重要的通信手段。由于在很长一段时间里，公共安全机构还将继续使用 LMR 系统进行关键任务语音通信，也就是说公共安全 LTE 宽带网络将和 LMR 网络共存，所以必须能够使用 LTE 网络进行 PTT 语音通信，以使全国公共安全机构互联互通。

在该报告中，美国国家公共安全通信委员会研究了 LTE PTT 需求和脱网直通需求，并向 3GPP 建议在未来的 LTE 版本中满足公共安全需求，并阐述了公共安全级通信的可靠性和冗余性需求、PTT 呼叫需求、PTT 服务需求、PTT 优先级需求、PTT 身份和安全需求、

在 LTE 和 LMR 网络间进行 PTT 通信的需求、脱网 PTT 直通需求。

(3) 《4.9GHz 全国计划建议》

美国公共安全机构一直在 4.9GHz 频段中拥有 50MHz 频谱，但由于种种原因该段频谱并没有得到有效利用。2013 年 6 月 12 日，联邦通信委员会建议修改 4.9GHz 频谱使用规则，以提高公共安全机构和其他潜在机构对该段频谱的使用效率。美国国家公共安全通信委员会对此进行了研究，并于 2013 年 10 月 24 日发布了《4.9GHz 全国计划建议》。该报告认为应使用多种带宽的混合技术，信道带宽可以是 5MHz、10MHz、15MHz 或 20MHz，用于部署空-地传输、机器人、关键基础设施通信以及其他宽带通信。

4.5.3 2014 年的研究成果

(1) 《定义公共安全级系统与设施》

2014 年 5 月 22 日，美国国家公共安全通信委员会发布了《定义公共安全级系统与设施》。该报告从风险因素、环境事件、服务水平协议、可靠性与冗余性、覆盖范围、PTT 对讲、应用、基站加固、系统安装、运行和维护几方面阐述了公共安全级的要求，目的是为第一响应人员网络管理局(FirstNet)提供指导与建议。

(2) 《公共安全宽带控制台需求》

2014 年 9 月 30 日，美国国家公共安全通信委员会发布了《公共安全宽带控制台要求》。报告首先说明了公共安全控制台的需求，然后重点阐述了公共安全 LTE 控制台的要求，具体包括：网络要求、数据管理要求、定位要求、短数据要求、优先级要求、安全性要求和终端设备要求。报告指出，LTE 技术为公共安全机构传输语音、视频和数据带来了新的挑战与机遇。

4.5.4 2015 年的研究成果

(1) 《跨边境通信报告——边境区域应急响应人员的障碍、机

遇和解决方案》

2015 年 3 月 11 日，美国国家公共安全通信委员会发布了《跨边境通信报告——边境区域应急响应人员的障碍、机遇和解决方案》，这是美加合作完成的研究报告。报告分析了公共安全机构在跨边境区域通信的需求，梳理了美国与加拿大目前的法律法规，阐述了机遇与挑战，介绍了最佳实践案例，提出了建议。该报告从管理、标准操作程序、技术、培训和使用五个方面，为美国和加拿大提出 35 条建议。

(2) 《第一响应人员宽带专用网络和下一代 911 系统、功能概述》

2015 年 6 月 29 日，美国国家公共安全通信委员会发布了《第一响应人员宽带专用网络和下一代 911 系统、功能概述》。报告全面阐述了第一响应人员宽带专用网络与下一代 911 系统(NG911)的相同点与不同点，各自的功能以及两者之间的相互联系。报告指出，第一响应人员宽带专用网络与下一代 911 系统在设计时是相互补充的，能够为公共安全机构提供诸多新功能。

在未来，公共安全应答点(PSAP)将接到文本、语音呼叫以及附有文本的图片或视频的求救呼叫，同时还会收到来自机器和传感器系统的信息，包括自动撞车提醒系统、门禁系统警报和身体健康监护仪等。图 4-4 显示了当发生应急事件时，第一响应人员宽带专用网络与下一代 911 系统之间的通话流程。图 4-5 显示了两个网络的连接关系。

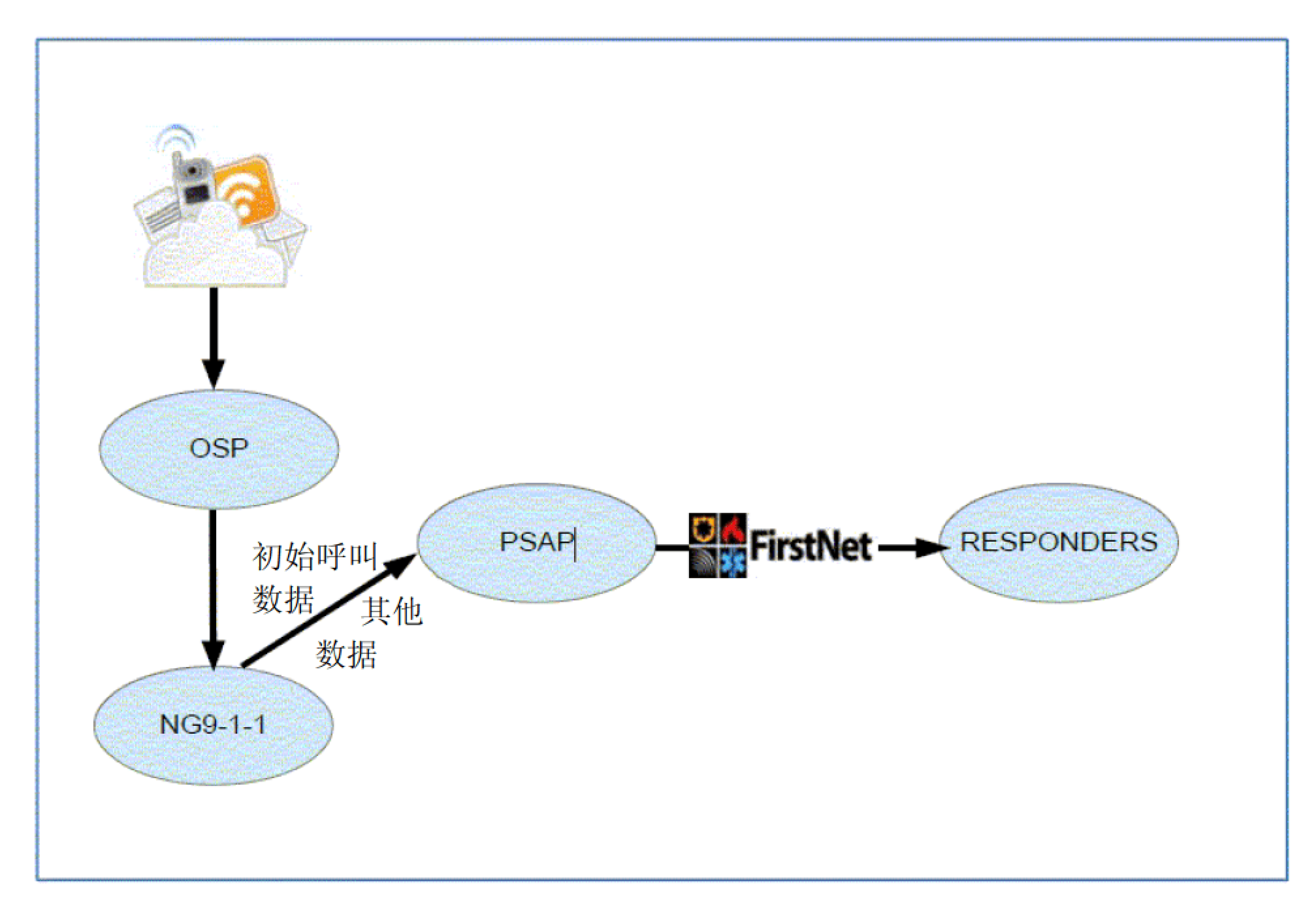


图 4-4　应急事件通话流程图

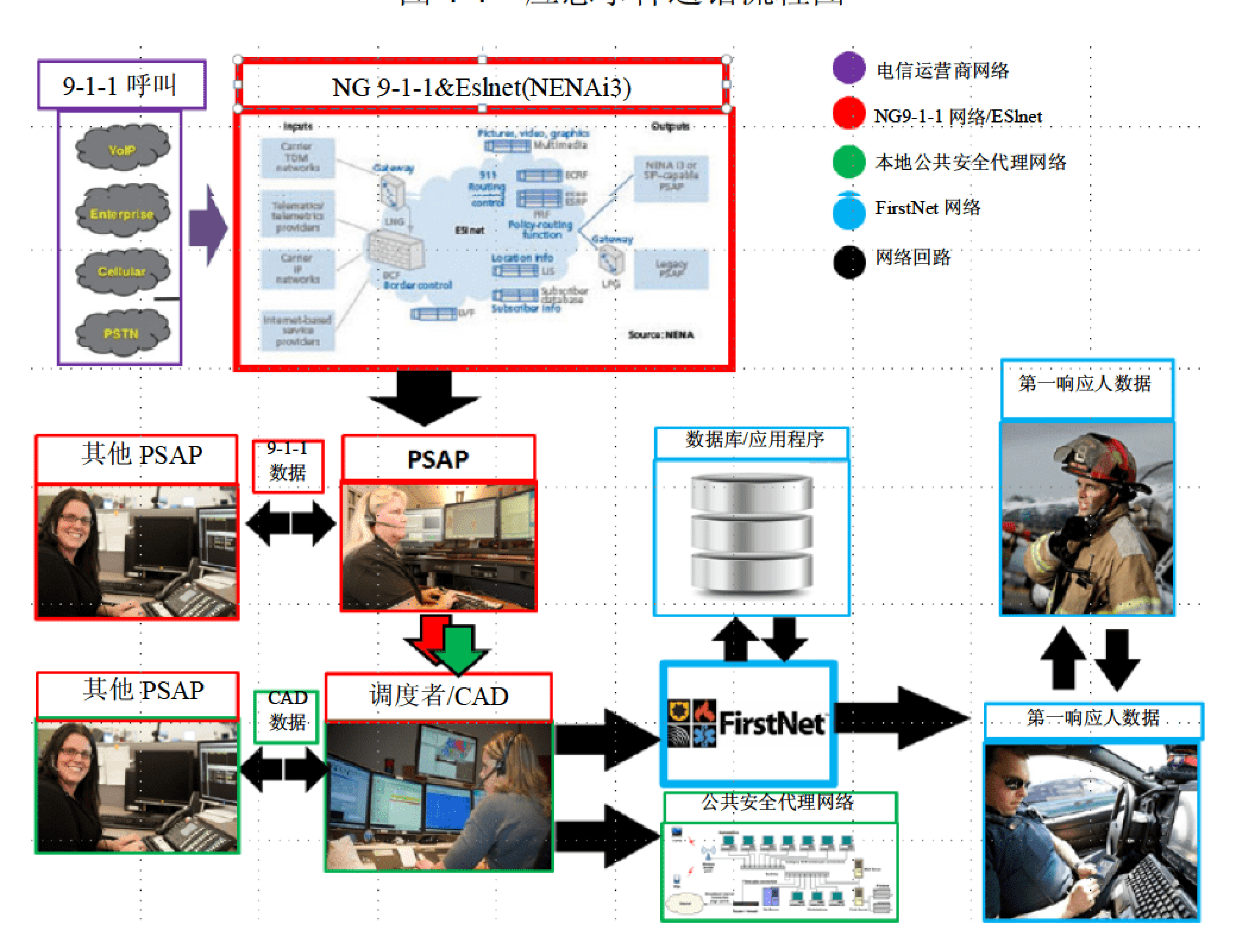


图 4-5　FirstNet 与下一代 911 系统的相互连接关系

(3)《全国公共安全宽带网络优先级和 QoS》

2015 年 8 月，美国国家公共安全通信委员会发布了最新一版的《全国公共安全宽带网络优先级和 QoS》，重点阐述了 700MHz 全国公共安全宽带网络的使用案例、优先级与 QoS 需求。

(4)《700MHz 全国部署集群通信解决方案》

2015 年 10 月，美国国家公共安全通信委员会发布了《700MHz 全国部署集群通信解决方案》。2015 年 4 月，联邦通信委员会在 700MHz 频段批准了 6 对 12.5 kHz 信道用于在 T 频段外部署集群系统，本报告就如何部署集群解决方案进行了全面阐述。

4.6 美国公共安全通信官员协会

美国公共安全通信官员协会(APCO)成员包括联邦和地方的执法、消防、紧急医疗服务部门，以及 911 呼叫中心(公共安全应答点)和紧急行动中心。这些成员也是第一响应人员网络管理局创建的全国公共安全宽带网络的目标用户群，可以接听公众拨打的 911 电话，派遣第一响应人员保护公众的生命和财产安全，并在发生紧急事件时(范围涵盖从地方事件到最严重的灾害)做好应急通信。

为促进公共安全宽带通信业务，2011 年 1 月，美国公共安全通信官员协会宣布组建宽带委员会。该委员会的主要任务是审视当前公共安全通信宽带应用现状，并提出建议，以满足对多媒体数据和关键任务语音通信能力的需求。此外，该协会举办“宽带峰会和博览会”，讨论涉及全国性公共安全宽带网络的 LTE 技术问题、网络安全问题和网络运行需求。

目前，公共安全通信技术正处于迈向基于 IP 的高级平台的重大转型期。第一响应人员宽带专用网络和下一代 911 系统的推出将允许人们使用新的应用程序，而这些程序将成为应急响应的重要组成

部分。因此，该协会尝试识别应用程序所具备的潜力，以多种方式为公共安全通信领域带来革命性变化。

美国公共安全通信官员协会支持开发以从业者为驱动力的多元化公共安全应用程序生态系统，为给这一协作过程提供便利，设计了的可信网站 AppComm，以供用户对公共安全应用进行审查、评论和打分，并向网站论坛提交有关新应用程序的想法。用户可以使用关键词进行搜索，查找与公共安全和应急响应相关的诸多应用程序。

目前的 911 网络仅具备语音呼叫功能，正在逐步过渡到基于 IP 的网络，新网络将给公众的通信形式带来变化，并能在灾害或高呼叫量发生时提供更好的服务。下一代 911 网络将能够使用文本、视频和其他数据，且应具备公众所期望的与 911 相同的安全性和可靠性。而在下一代 911 网络实现之前，人们正在开发相关移动应用程序来尝试提供先进的功能，但在这一过程中还有许多需要解决的问题。美国公共安全通信官员协会所编写的《911 应用程序的现状》一文中则对这些问题进行了相关描述。

4.7 俄罗斯无线电协会

俄罗斯无线电协会全称为俄罗斯国家无线电频率资源用户协会，是一个非商业性的社会组织，在国家无线电频率委员会、国家通信和信息委员会、国家通信监督管理总局的支持下于 1997 年成立。协会成立的目的在于集电信运营商和无线电电子设备生产商之合力，共同解决无线电频谱的使用问题，并推广无线电技术。

4.7.1 主要任务

俄罗斯无线电协会的主要任务如下：

- 在联邦立法和执行权力机构，以及在国际涉及频率的机构(国际电信联盟、欧洲邮政和电信管理委员会)等场合代表协会成员的利益；
- 参与制定国家无线电频率的使用程序和办法；促进无线电频谱的合理利用；
- 组织开展与利用无线电频谱、改进电信技术相关的科学研究、实验试制工作；
- 在利用无线电频谱方面参与制定国家技术政策；
- 就未来以新的无线电技术方法利用无线电频谱问题提出建议；
- 在无线电频谱使用方面对协会成员进行协调；
- 向协会成员提供咨询建议。

4.7.2 研究进展

2015 年，俄罗斯无线电协会发表了《2025 年前无线电技术发展方向和趋势》研究报告。在该研究报告中，该协议认为，2025 年前，俄罗斯应发展不同制式的窄带无线通信。

在专业宽带移动通信方面，美国和加拿大拟将 700MHz 用于 LTE 网，欧洲和亚洲也在研究将 700MHz 频段用于商用 LTE 网，但俄罗斯目前已将 700MHz 频段用于航空无线导航部门，以及数字电视广播网的建设，很难再用于 LTE 网(无论是公用，还是专业移动通信)。该协会认为，对于地域辽阔的俄罗斯来说，使用更窄的 400MHz 频段更受欢迎，这一频段对于公用 LTE 网的设备更为有效，更有利于节约专业移动通信成本，为此，俄罗斯可能转用 LTE 450 网。该协会进一步分析认为，将 450MHz 频段用于公用网不太可能，这是因为大量的 LTE 客户终端生产者不支持，其结果就是将该频谱用于专业移动通信。这种情况下，可使用 3GPP 31 频谱计划中的部分，如 2×3MHz。与内务部频段交叉的问题可通过让该部分转用 LTE

450 解决，如果采纳该决定的话。

满足专业移动通信宽带网频率资源需求的替代方案，是使用 LTE 商业网，这意味着该方向将受到更多关注。

2015 年，为分析内务部所属部门对接入移动宽带的需求，评估移动宽带在俄罗斯应用的可能性，俄罗斯无线电科学研究院(无线电协会成员)对全国内务机关进行了问卷调查。在对需求和通信设备的技术特点进行分析、对所需的基站和用户设备的数量进行测算、对所需费用加以评估的基础上，提出了俄罗斯联邦内务部内务机关建设移动宽带接入网的建议。无线电科学研究院认为，能够满足俄内务部组建高速移动宽带接入网需求的技术，是第四代 Mobile WiMAX 和 LTE 标准，但采用 LTE 标准更符合俄罗斯的实际情况。

4.8　宽带集群产业联盟

宽带集群(B-TrunC)产业联盟于 2014 年 5 月 27 日在北京成立，是以推动宽带集群产业发展为目的的非盈利性组织。联盟搭建政府、产业界、应用及高校、科研机构之间交流与互动平台，促进产业链各方在业务规划、技术和标准研究、产品研发、市场应用推广等方面的合作和交流。

宽带集群(B-TrunC)产业联盟拥有五十多家会员单位，包括行业用户、制造企业、科研机构、高等院校、社团组织等，覆盖政务、应急指挥、电力、交通等多个重要行业。

4.8.1　联盟工作组

联盟设有技术组、频率组、业务应用组和产业推进组四个工作组，积极开展宽带集群 B-TrunC 技术标准和测试认证、频谱和共存、应用需求和运营模式、市场和产业推广的工作，并取得了显著成绩。

技术工作组：承担宽带集群 B-TrunC 技术研究、联盟标准制定、国际国内标准推进、B-TrunC 产品认证测试工作。目前 B-TrunC Release 1 技术标准已经完成。

频率工作组：承担频率规划建议、频率共存和国际频率相关议题研究工作，为 B-TrunC 技术的发展寻找适用的无线电频率资源，并研究适用条件。目前频谱组有力支撑了国家 1.4GHz 和 1.8GHz 频谱规划工作。

业务应用工作组：承担行业应用和需求研究、运营模式研究和业务推广工作，是联盟与最终业务用户沟通的重要桥梁。

产业推进工作组：承担市场宣传、产业推广和联盟成员拓展工作，是 B-TrunC 产业联盟与产业连接的重要桥梁。

4.8.2　B-TrunC 技术标准

B-TrunC Release 1 技术标准已经制定完成，包括总体技术要求、接口技术要求、设备技术要求和相关测试方法共 16 项标准，在 2013-2014 年完成并陆续发布，2015 年成为 ITU 推荐的首个支持点对多点语音和多媒体集群调度的公共安全与减灾应用的 LTE 宽带集群标准。B-TrunC Release1 在保证兼容 LTE 数据业务的基础上，增强了语音集群基本业务和补充业务，以及多媒体集群调度等宽带集群业务功能，具有灵活带宽、高频谱效率、低时延、高可靠性的特征，能够满足专业用户的语音集群、宽带数据、应急指挥调度等需求。

2016 年联盟正组织起草 Release 2 标准，主要面向大规模组网漫游等应用场景和技术需求。

4.8.3　宽带集群(B-TrunC)产品认证

设备商已经推出或正在研发符合 B-TrunC 标准的产品和解决方案。截至 2015 年 10 月，已有信威、鼎桥、华为、中兴高达和普天

共五家设备商的十四款宽带集群产品通过了单系统认证。2016 年陆续有多款产品申请认证。

为保证产品之间的互联互通，联盟开展 B-TrunC 产品认证。产品认证分为单系统协议和功能认证，以及互联互通认证两个阶段。

4.9 中国专业数字集群产业技术创新战略联盟

中国专业数字集群(PDT)产业技术创新战略联盟成立于 2010 年，简称为“PDT 联盟”，实体为“北京华通专业数字集群标准创新联盟”。该联盟由国内专业无线通信领域的十多家企业单位自愿结成，是保护、推动和发展我国自主知识产权的专业无线通信事业的桥梁和纽带。

4.9.1 联盟宗旨

PDT 联盟以国家战略产业的技术创新需求为导向，以企业为主体，以多样化、多层次的自主研发与开放合作创新相结合，以形成产业核心竞争力为目标，发展具有中国自主知识产权且符合国家产业政策的专业数字集群及数字对讲等技术及产业，整合及协调相关产业资源，促进其在行业信息化、物联网及专网调度通信等领域的广泛应用，提升联盟成员的研究、开发、制造、集成、服务及网络运营水平，推动我国行业信息化的高度发展，并带动以我国自主知识产权的专业数字集群技术为基础的行业信息化解决方案走向国际市场。

PDT 联盟致力于发展具有中国自主知识产权、符合国家产业政策的警用数字集群产业，保护联盟及其成员的知识产权，提升联盟

成员的研究、开发、制造、集成、服务及网络运营水平，推动以警用数字集群技术为基础的行业信息化、产业化和国际化。

4.9.2　PDT 标准

在 PDT 标准之前，我国有四个数字集群标准：欧洲的 TETRA 和美国的 iDEN，以及我国中兴和华为公司的 GOTA 和 GT800。国产的两个标准都是在公网基础上改进而来的，在入网时间及脱网直通等方面无法满足专业用户的需求。美国的 iDEN 也是从公网改进而来的，存在同样的问题。只有 TETRA 能够满足包括公安在内的专业用户的需求。但 TETRA 也存在覆盖区域小、建网成本高、各厂商的设备无法互联、很难与模拟系统兼容以及国外知识产权壁垒等问题。中国公共安全行业需要一个具备自主知识产权，并适合国内公共安全模拟系统数字化改造的新数字集群标准。

鉴于上述情况，PDT 联盟组织国内部分有研发能力的 MPT 模拟集群系统提供企业和研究单位，参考了欧洲和美国的数字集群标准，制定了一部具有我国自主知识产权的数字集群标准——PDT，简称 PDT 标准。

PDT 标准是一种根据中国的国情，充分吸取 TETRA、P25 和 DMR 等国际标准优点，结合国内公安行业 350MHz 警用集群通信系统的使用习惯，并注入中国厂商自主创新因素的全新数字集群体制。PDT 标准具有覆盖区域大、国产加密算法加解密、厂家系统互联互通、向下兼容模拟系统、技术简单造价低等优势。PDT 系列标准不仅规定了通信的空中接口，同时也规定了系统的体系结构、互联接口、安全接口、网管功能、功能检测、性能检测、工程技术等技术要求。

PDT 标准采用 TDMA(双时隙)多址方式，12.5kHz 信道间隔、4FSK 调制方式、数据传输速率为 9.6Kb/s。在满足基本业务的同时，

增加了同播、动态频率资源管理等创新功能。PDT 第二阶段标准将着眼于提升数据传输速率，及宽带业务功能的应用。

PDT 标准以中国公安市场为基础，兼顾县、市、省、国家的不同级别用户需求及网络实际建设需要，既支持低成本单基站系统通信，也能做到高效的大区制覆盖，满足诸如四级联网的全国范围公安应急通信指挥网的建设要求。在地震、风灾、社会治安等紧急突发事件中，能迅速接入公安现有 GIS 调度平台，实现灵活组网、高效率指挥调度、高质量语音及数据传输等功能，并具有迅速响应、安全保密的特点。

PDT 标准具有高效利用频谱资源，大区制组网方式，从模拟 MPT1327 平滑过渡到数字集群的优点。其业务功能丰富，可扩展，向后兼容，同时系统和终端成本较低，网络建设速度较快，总体运维成本较低。综合来看，PDT 标准在专业无线通信领域具有长期的竞争优势。其自主安全加密技术特别适合满足公共安全用户的保密需求。

4.10 中国警用移动技术创新联盟

PMT 联盟由中国移动、华为技术、明朝万达、大唐移动、北京迅安、上海辰锐、安荣科技、苏州科达等众多知名企业联合发起，是一家全国性、公益性、专业性和非营利性社团法人，是保护我国自主知识产权、推动和发展我国移动政务、警务技术事业的桥梁和纽带。该联盟积极落实十三五规划中关于警务移动信息化发展的方针和以公安移动信息网为核心的融合智能移动警务战略构想。

4.10.1 宗旨原则

PMT 联盟以科技促进融合智能移动警务创新为宗旨，以信息化推动警务工作模式变革为目标，以移动技术提升警力为重点，为提

高公安执法能力、为警务保障国家经济转型服务。

4.10.2　创新研发

PMT 联盟积极顺应数据科技发展趋势，围绕公安移动信息网总体规划创新思路，推动公安基础工作与信息化的融合；加强公安信息化建设的顶层设计，最大限度整合社会信息资源；充分运用互联网+、大数据、云计算，实现从传统警务向智慧警务的转变。联盟多次举行技术研讨会，立足创新发展，以全面推进融合智能移动警务为主题，聚焦当前热点、难点问题，围绕移动警务发展新趋势、公安移动信息网构建、移动警务创新应用等重点领域，从终端、网络、安全、应用、标准等不同侧面开展交流与探讨。

4.10.3　主要成果

组织联盟专家团队配合公安部科信局无线通信管理处起草了《全国公安移动警务建设总体技术方案(2016 版)》，对其中涉及网络、安全、终端、应用等方面的技术难题提出了建设性解决方案；厘清了关于移动警务创新和公安移动信息网构建的基本思路；明确了建设统一融合、智能高效、创新开放、安全可控公安移动信息网的总体目标；搭建了公安机关、社会企业、科研单位和专家之间的沟通平台和产学研用一体化旗舰级平台，促进了联盟成员的合作，进一步整合了产业资源、优化产业结构。

4.10.4　产业发展

伴随着移动互联网技术的迅猛发展和公安信息化实战水平的提高，移动警务的发展，已从最早的民警和交警的出勤工作延伸到消防、海关、药监、城管、环保等各个领域。向移动化方向发展已成为公安信息化建设的重要方向，移动警务也迎来应用技术和意识形态的重大变革，目前正是其高速发展的蓬勃时期。

PMT 联盟会员单位遍布全国，产品也广泛应用于公安、金融、交通、能源、通信等关键领域。凭借着共同的长期行业需求调研和技术优势，结合当下前沿的信息技术应用，PMT 联盟正在致力于打通产业链上下游技术壁垒，推动警用移动技术相关产业的科学发展，形成互利共赢的良性循环，共同发展移动警务的新局面。PMT 联盟对移动警务的建设已有比较完善的解决方案，正在有效地推动公安警务的移动化和信息化发展，实现警务、信息、智能、移动的深度融合。

参考文献

[1] Safety First Reinvesting the digital dividend in safeguarding citizens. WIK 咨询公司，2008 年 5 月

[2] European and global harmonization of spectrum for public protection and disaster relief(PPDR). WIK 咨询公司，2010 年 12 月

[3] United States National Broadband Plan. March 16, 2010

[4] http://www.npstc.org/newsletter.jsp?vol=10&issue=2

[5] http://www.pcworld.com/business center/article/217693/fcc_sets_lte_as_standard_for_public_safety_network.html

[6] Enabling National Public Safety Interoperability with Commercial Wireless Broadband Solutions in the 700 MHz Band

[7] Effectively Testing 700 MHz Public Safety LTE Broadband and P25 Narrowband Networks，2011

[8] Broadband for First Responders Act》，2010

[9] Spectrum Utilization Policy, Technical and Licensing Requirements for Broadband Public Safety in the Band 4940-4990 MHz. 加拿大

工业部，2006 年 6 月
[10] Public Safety Agencies Call For United Action on Broadband Spectrum. Tri-Service 特殊目的委员会，2011 年 4 月
[11] 700MHz Spectrum Requirements for Canadian Public Safety Interoperable Mobile Broadband Data Communications. 加拿大国防研究及发展局，2011 年 2 月
[12] Efficiency of use of public safety spectrum in Europe. TETRA 联盟，2010 年 2 月
[13] 移动通信领域的最新动向及今后的展望. 总务省，2009 年 11 月
[14] 信息通信审议会信息通信技术小组委员会频谱有效利用对策委员会报告书概要(PDF). 2007 年 6 月
[15] 2008 年度信息通信白皮书. 总务省
[16] 公共无线系统委员会报告概要——公共安全宽带移动通信系统的技术性条件. 总务省，2009 年 4 月
[17] Broadband features on a TETRA PMR network. THALES 公司，2010 年
[18] http://www.pspc.harris.com/news/view_pressrelease.asp?act=lookup&pr_id=3183
[19] http://www.rfcmd.ru/sphider/docs/koncept/koncept_TETRA.htm，俄联邦政府 TETPAPУC 国家规划原文
[20] Etude des besoins en fréquences en France à l’horizon 2020. 法国 TERA Consultants 和 ON-X 咨询机构，2011 年 9 月
[21] La mutualisation entre la police et la gendarmerie nationales. 法国审计法院，2011 年 10 月
[22] 关于公共安全宽带移动通信系统的频率分配方式等事项的调查研讨报告书. 2012 年 3 月，www.soumu.go.jp/soutsu/hokkaido/2012/img/0327c.pdf
[23] http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/

bunya/02tsushin04_03000074.html. 日本总务省官网

[24] http://www.cleandenpa.net/museum/haku/hb_07.html. 电波博物馆，消防急救的无线设备，警察的电波使用设备

[25] 2012 年欧洲电信标准委员会技术报告 TR 102 022-1《公共安全宽带通信的需求》

[26] Réseaux mobiles professionnels Etat des lieux et besoins futurs en frequencies. 法国电子通信与邮政监管局，www.arcep.fr， 2012 年 10 月

[27] 关于关东地区首次获得公共宽带无线局许可的通知. 日本总务省官网 http://www.soumu.go.jp/soutsu/kanto/01sotsu03_01000101.html，2013 年 3 月

[28] http://www.bdbos.bund.de，德国联邦安保部门数字无线电管理局官网

[29] www.bmwi.de/.../harmonisierung-ppdr，德国基础设施及通信事业科研所官网

[30] www.funkwelle.com/bos-betriebsfunk/frequenzen-polizeifunk.html

[31] http://minsvyaz.ru/ru/doc/index.php?id_4=701，俄联邦通信部关于频率分配的规定

[32] http://www.rfs-rf.ru/rfs/rfs/index.htm，俄联邦无线电频率监管局相关规定

第 5 章　网络建设与运营方案

公共安全领域涉及部门较多，网络建设复杂。窄带向宽带的演进是一个渐进的过程，期间会出现多网络并存的情况，如公专融合，宽窄融合等情况。无线宽带专网能让公共安全领域工作者在更安全、更高效的环境下工作。但是宽带数据业务的覆盖比窄带语音覆盖小，LTE 应急通信网在基站数量方面远大于传统窄带网络。公共安全无线宽带网络的建设需要从频率资源、建设资金、网络可用性和安全性等方面进行考虑，在建设过程将出现多种建网模式。从国内外建设案例可以看出，建网模式主要有如下几种：

- 商业网络模式：完全基于现有运营商网络来承载公共安全业务；
- 虚拟运营商模式：政府投资建设 LTE 核心网部分，由公共安全用户独立进行管理，同时与现有运营商共享接入网部分；
- 专用网络模式：由政府或相关部门投资建设一张 LTE 专网；
- 混合网络模式：政府在部分区域建设专网，其他区域与运营商共享接入网。

5.1 商业网络模式

5.1.1 概述

全球范围内，多个国家的运营商都在建设和部署4G LTE网络。相对于之前的2G/3G网络，4G LTE网络具有更高的带宽、更快的传输速率，以及更好的可靠性和安全性；商用运营商网络具有覆盖范围广、网络质量好的优势。基于LTE宽带的各种业务应用迅速开展起来，如视频业务、多媒体业务、定位服务、数据业务等。

各个运营商在发展个人业务的同时也积极推进企业客户的应用，针对企业客户的不同行业诉求，提供集群对讲、多媒体调度、终端定位跟踪、视频会议等业务，为行业客户定制行业终端，提供行业解决方案，以满足企业客户对宽带专用移动业务的需求。

由于建设一个专用的宽带移动通信网络需要有频率资源以及大量的资金，公共安全领域各个部门往往无法申请相应频率和资金去建设专用的移动通信网络。运营商提供的各种行业解决方案在一定程度上能够满足公共安全领域面临的挑战和业务发展的需求，这就促使公共安全各个部门积极地与运营商合作，使用运营商提供的各种通信基础设施和宽带通信服务。公共安全行业利用运营商的宽带网络开展移动警务应用，推广警务通终端应用，包括电子派单、移动警务查询、移动警务网格化管理。同时也利用LTE高速宽带的特点，开展各种警务视频应用，包括4G图传应用、4G车载台、移动视频监控等。城管部门与运营商合作，推出了数字城管的应用。其他政务部门也与应用商一起，推出了符合部门业务特点的各种业务应用解决方案。

使用商用运营商的移动通信网络来提供公共安全宽带专用移动通信，对于公共安全部门来说具有投入资金少、网络覆盖广、业务快速开展的优点；但由于使用的运营商网络也存在网络拥塞情况，

业务 QoS 无法保障，以及行业用户信息安全性差，网络可靠性差，容易受到外部攻击而导致各种安全事件等不足之处。一些对网络可靠性、可用性和安全性有特殊要求的行业，运营商的网络无法对其进行支撑。

5.1.2　典型案例

（1）案例：中国移动“和对讲”

中国移动“和对讲”基于 4G 网络，通信无距离限制，不需要用户建网，成本低，速度快，保证即时稳定专业的对讲体验。同时，支持专用 APN，提供安全可靠的通信保障。“和对讲”业务是基于手机通信网络，利用 VoIP 技术实现的半双工语音对讲，面向集团客户提供群组调度通信功能，实现群组内一对一、一对多的集群通信以及后台调度管理等功能。

“和对讲”提供的功能主要有：

- 基础对讲功能：提供实时对讲、临时会话、多路会话、调度互通等基本对讲功能；
- 多媒体对讲功能：包括多媒体消息、现场图文上报、实时视频上报等；
- 可视化调度功能：提供组织架构管理、上报内容管理、实时位置调度、频道设置管理、调度互通等功能。

“和对讲”具有以下特点：

- “和对讲”基于中国移动数据网络服务，通过可视化的组织管理和群组管理功能，快速建立管理体系；
- “和对讲”真正实现跨区域通信，打破了传统集群通信距离限制的障碍；
- “和对讲”具备窄带通信无法实现的多媒体功能，可将前端采集的图片、视频即时上报调度管理中心，后端可实时观测并迅速做出响应和决策；

- “和对讲”配有专用的三防设备，避免了恶劣工作环境对终端的损坏，保证业务的持续性。

“和对讲”行业应用：

“和对讲”可以满足不同行业的调度需求。“和对讲”的通用产品应用范围广泛，包括面向政府事业单位的多级调度管理，比如公安、消防、城管、医疗、政府机构等。公安、武警和其他政府事业单位的特点是：组织架构庞大，必要时需要跨区域调度，需要在同一时间，不同地域之间建立信息传输，需要确保通信能够即时、准确。

(2) 案例：中国电信天翼对讲

针对公共安全领域和应急联动行业目前工作中存在的问题，中国电信依托通信服务能力、位置信息服务能力及系统集成能力，结合固定、移动网络及服务，提供了完整的信息化解决方案。

中国电信天翼对讲业务是基于中国电信广覆盖、大容量的移动通信网络和电信级的业务管理平台，利用 PTT 对讲技术，通过带有 PTT 对讲功能的专业手机终端，为客户提供移动通信网络覆盖范围内的对讲业务。

天翼对讲提供的主要业务功能有：

- **单呼：**指用户一对一的即时对讲，用户可以通过对讲按键直接发起呼叫；
- **预定义组呼：**指在集团管理台分配好预设的群组，通过按对讲按键对预设的群组发起呼叫，特点是群组内的成员是固定人群；
- **临时组呼：**指通过手机终端内的通讯录临时组建群组，通过按对讲按键对临时群组发起呼叫。需要注意的是组内成员必须持有对讲手机终端、开通对讲业务，以及在网络环境正常的情况下使用；

- **成员优先级：**通话过程中，本组优先级较高的成员可以直接抢占优先级较低的成员的话权；高优先级成员讲话时，低优先级成员申请话权只能排队，等待话权释放后再赋予其讲话的权力；
- **迟后接入：**在发起群组对讲的时候，用户因关机或不在服务区等原因没能及时加入到即时对讲中，一旦用户开机、进入服务区或主动拨打当前通话的群组时，用户可以自动加入此次即时对讲中；
- **集团管理台：**通过管理台可以对所管辖范围内的群组和群组成员进行管理，包括群组和群组成员的增加、删除、修改和查询功能等。

天翼对讲的业务特点：

- **一机两用：**对讲与移动电话整合，既能对讲，又能打电话；
- **一按即通：**呼叫接续快，手机一键变对讲；
- **安全高效：**基于 CDMA 技术、安全保密，支持一对多呼，群组通话可提高协作效率；
- **广覆盖大容量：**完善的 CDMA 网络覆盖、突破集群应用网络覆盖瓶颈。

天翼对讲行业应用：

天翼对讲针对不同行业的特点和业务需要提供的相应解决方案，可以满足不同行业的调度需求，解决行业客户的集群对讲需求。天翼对讲被广泛应用于公安行业、司法行业、城管执法、平安社区等公共安全领域。

5.2 虚拟运营商模式

5.2.1 概述

运营商提供的行业服务有时难以达到公共安全领域的业务特定需求，无法快速响应行业需求。特别是应急处理、多部门协作情况下，使用运营商提供的行业通用解决方案很难在业务解决方案，安全性、业务 QoS 等方面得到保障。但是单独建一个无线专网又存在频率申请困难、资金不足等问题。虚拟运营商采用租借运营商网络，针对公共安全领域提供专业宽带集群服务的运作模式，成为国内外公共安全领域一种常见模式。

虚拟运营商是指拥有某一种或者某几种能力(如技术能力、设备供应能力、市场能力等)，与电信运营商在某项业务或者某几项业务上形成合作关系的合作伙伴，电信运营商按照一定的利益分成比例，把业务交给虚拟运营商去发展，其自身则腾出力量去做基本网络建设等工作。

虚拟运营商就像代理商，从商用公网营运商承包一部分通信网络的使用权，如移动、联通、电信等基础运营商，然后通过自己的计费系统、专业集群服务、营销和管理体系，把专业宽带集群通信服务卖给公共安全部门。虚拟运营商能更专注于企业级市场和细分市场。

2013 年 1 月 8 日，我国工信部出台《移动通信转售业务试点方案》(征求意见稿)后，业内普遍认为，虚拟运营商设立已成必然。工信部在 2013 年底和 2014 年初先后向两批共 19 家民营企业颁发了虚拟运营商牌照。2016 年，虚拟运营商将迎来正式牌照的发放。现今电信运营商之间的竞争，是各自以运营商为中心的产业价值链之间的竞争。价值链是由运营商、设备供应商、虚拟运营商(服务供应商)等组成的，运营商已经日益需要和设备供应商共同创新(包括新

技术、新业务)，来提升自身所形成的价值链的竞争力。

不久的将来，电信运营业的市场开发方式将是：电信运营商——虚拟运营商——用户，虚拟运营商将在整个电信运营业的链条中，是不可缺少的重要一环，也将成为公共安全领域宽带专用通信网络的服务提供商。

虚拟运营商模式由于采用的是租用运营商网络的方式，具有网络覆盖范围广，网络建设成本和运营成本相对较低的优点。同时，各种宽带专用移动通信服务由虚拟运营商提供和单独管理，用户信息安全性相对较高。但由于与运营商共用网络，所以在系统可靠性、业务 QoS 保障上存在一定的缺陷，特别是一些应急事件突发的场景下，由于大量人员聚集，很容易出现业务拥塞，这种情况下，如何确保提供可靠的、稳定的专用宽带通信网络，是对运营商和虚拟运营商的一个巨大挑战。

5.2.2　典型案例

案例：比利时 ASTRID 运营商

ASTRID 是比利时国有的一家网络运营商，负责运营比利时全境的 TETRA 网络(共 500 个基站、11 个指挥中心和 5.6 万用户)。为满足公共安全用户日益强烈的宽带数据需求，ASTRID 已规划建设宽带网络。ASTRID 曾考虑将现有 TETRA 系统升级到 TEDS 来提供数据业务，但发现升级费用达到了前期 TETRA 网络建设费用的一半，同时提供的带宽还是远远不能满足客户的要求。由于比利时用于公共安全的宽带频谱尚未发布，ASTRID 决定先通过公网来承载公共安全的宽带业务，并针对安全性问题，提出了安全虚拟运营商方案。ASTRID 和比利时的三大运营商签订了虚拟运营商合同，按流量向运营商付费，为公共安全客户提供安全的宽带网络服务。ASTRID 在资金有限的情况下，购买了 HSS、PGW、PCRF、AAA 及 VPN 服务器等安全设备，组成了安全虚拟运营商解决方案。

未来，比利时公共安全宽带频谱发布后，ASTRID 将逐渐建设 LTE 专网，发展公专与宽窄融合的网络。

5.3 专用网络模式

公共安全、社会管理、应急通信等对通信网络的可靠性、可用性、安全性等提出了特定要求，在资金充裕、频谱资源无限制的条件下，建设宽带无线专网可以最大限度地满足公共安全领域用户的需求。

为满足政务、公共安全、社会管理、应急通信等对宽带数字集群专网系统的需求，多个国家制定了公共安全部门的无线宽带专用网络发展规划，分配了相应的频谱资源用于公共安全和应急通信网络，如北美采用 700MHz 频段。2015 年 2 月，中国工业和信息化部发布《关于 1447～1467MHz 频段宽带数字集群专网系统频率使用事宜的通知》，确定规划 1447～1467 MHz 频段用于宽带数字集群专网系统。

建设运营自有的专用网络模式具有网络可靠性强、业务 QoS 有保障、用户业务数据安全性高、专网安全性强的优点，但需要申请频率资源。此外，建设无线专网系统的网络建设成本、网络维护成本非常高，其覆盖能力往往受限于网络建设的规模。

5.4 混合网络模式

5.4.1 概述

建设运营自有的无线宽带专用通信网络，需要相应的频率资源和大量的建设资金，整体的网络建设成本非常高。一些偏远地区或

人口稀少的地方，如农村、郊区、山区等，建设专网的成本就更高了，而这些地方通常都有运营商的公网信号覆盖，这时就可以采用公网专网结合、混合组网的方式。这种模式依托于公网的覆盖，逐步完善专网覆盖，在重点区域和热点地区部署无线宽带专网，在偏远地区、郊区等直接使用运营商的公网网络，实现公网专网融合，业务互通，提供符合公共安全要求的无线宽带通信方案。

混合网络模式结合了单独建专网和使用商业网络的优势，网络覆盖好，建设成本可控。此外，关键业务、业务 QoS、安全性、可靠性在专网区域能得到全面保证，而在公网得到部分保证，是一种比较适合的方式。在公共安全领域，很多国家的公共安全部门都采用混合组网的方式，如美国第一响应人网络管理局网络。

5.4.2　典型案例

案例：美国第一响应人网络管理局网络

美国政府从 2006 年开始考虑未来公共安全宽带网的建设。2012 年第一响应人网络管理局网络正式立项，并成立了专门机构进行网络的建设和维护。经初步分析，建设覆盖全美的公共安全宽带网络需要耗费 120～160 亿美元，当前的预算难以满足要求。第一响应人网络管理局决定借助公网来降低建设成本，并且采用共网方案，将全美各类应急人员(合计 180 万用户)都纳入该网络。

基站规模方面，如覆盖全美 95%的人口需要 38 000 个基站；如果覆盖 85%的用户仅需要 28 000 个基站，因此考虑在部分人口密度较低的地方采用移动基站临时布网的方案进行覆盖，以减少需要的基站数量。

在网络建设初期，语音承载在现有窄带网络上，LTE 宽带专网覆盖完善后，语音将同步承载到 LTE 网络上。第一响应人网络管理

局将面临多个网络间的互操作问题，复杂度甚至超过运营商网络。Moto、elbit 等公司都建议通过业务支撑层来保证在各个网络间终端的互操作性以及业务的一致性，并通过安全解决方案来确保智能终端的安全性。

5.5　各种方案的比较

公共安全宽带专用移动通信网络的几种建设模式都有各自的适用场景，以及各自的优缺点。选择哪种建网模式，需要从建设成本、运营成本、网络覆盖、可靠性、业务 QoS、设备安全和用户信息安全性等几方面综合考虑。以下是几种模式的综合对比(如表 5-1 所示)。

表 5-1　四种模式的对比

模式	建设成本	运营成本	覆盖	可靠性	业务 QoS	设备安全	信息安全
商业网络	☆☆☆	☆☆★	★★★	☆☆☆	☆☆☆	☆☆★	☆☆☆
专用虚拟网	☆☆☆	☆☆★	★★★	☆☆★	☆☆☆	☆☆★	★★★
专网	★★★	★★★	☆☆★	★★★	★★★	★★★	★★★
混合网络	☆★★	☆☆★	★★★	☆★★	☆★★	☆★★	★★★

注：☆☆☆低　　☆☆★中　　☆★★中高　　★★★高

从上面几种模式的综合对比发现，每种模式都有各自的优缺点，具体如表 5-2 所示。

表 5-2　四种模式的优缺点

模式	优点	挑战
商业网络	• 建设与维护成本低 • 能较快完成业务部署	• 业务 QoS 难以得到保证 • 用户信息安全性较低 • 无线网络未进行加固，可靠性较低 • 海外人口稀少的区域，覆盖难以保证
专用虚拟网	• 较低的部署成本，仅需购买终端和部分网络设备 • 业务 QoS 能得到一定保障 • 用户信息安全能得到保障 • 重用运营商无线网络，部署快	• 无线网络未进行加固，可靠性较低 • 人口稀少的区域覆盖难以保证 • 需要和运营商签订较复杂的针对业务等级的协议
专网专建	• 业务 QoS 能得到完全保障 • 用户信息安全能得到保障 • 无线基站可进行加固，网络可靠性较高	• 建网成本较高 • 受限于预算，网络覆盖逐步完善
混合网络模式	• 依托于公网的覆盖，逐步完善专网覆盖 • QoS，安全性，可靠性在专网区域能得到保证，在公网得到部分保证	• 需要和运营商签订较复杂的针对业务等级的协议 • 网络架构复杂，解决方案需要保证不同网络的业务一致性

采用哪种建网模式，往往取决于频率资源、建设资金、网络可靠性、可用性以及安全性等多个方面的综合考虑和评估。

参考文献

[1] Bill Dean, Dave Kaun, Dave McCauley, Mike Milas, ‘Options for Communications Governance and Cost Sharing’, 2009
[2] Alphonso E. Hamilton, ‘Why carrier - hosted P25 as a Service provides a roadmap for greater agency participation’, Urgent Communications, 2015
[3] ITU - T Rec. Y.2011 (10/2004), ‘Next Generation Networks – frameworks and functional architecture models. General principles and general reference model for Next Generation Networks’, 2004
[4] NPTSC, ‘Defining Public Safety Grade Systems and Facilities’, 2014
[5] Claudio Lucente, ‘Public Safety 700MHz Mobile Broadband Communications Network; Operational Requirements’, Document prepared for the Public Safety Canada/Interoperability Development Office and the Centre for Security Science, 2012
[6] Federal Communications Commission (FCC), ‘Recommended Minimum Technical Requirements to Ensure Nationwide Interoperability for the Nationwide Public Safety Broadband Network’, 2012
[7] Ericsson, ‘Key characteristics of a Public Safety LTE network’, 2014
[8] Eric Wibbens, ‘Public Safety Site Hardening: Site and System Considerations for Public Safety Grade Operations’, White Paper by Harris Corporation, 2013
[9] TETRA and Critical Communications Association (TCCA), ‘A review of delivery options for delivering mission critical solutions’,

Version 1.0, 2013

[10] Drat ECC Report 218, ‘Harmonized conditions and spectrum bands for the implementation of future European broadband PPDR systems’, 2014

[11] Simon Forge, Robert Horvitz and Colin Blackman, ‘Study on use of commercial mobile networks and equipment for “mission - critical” high - speed broadband communications in specific sectors’, Final Report, 2014

[12] FM49(13) 071, ‘On the Future Architecture of Mission Critical Mobile Broadband PPDR Networks’, White Paper from German Federal Ministry of the Interior, Project Group on Public Safety Digital Radio; Federal Coordinating Office, Version 1.1, 19，2013

[13] APT Report on ‘PPDR Applications Using IMT - based Technologies and Networks’, Report no. APT/AWG/REP - 27, 2012

[14] Ericsson White Paper, ‘Public safety mobile broadband’, Uen 305 23 - 3228, 2014

[15] R. Ferrus and O. Sallent, ‘Extending the LTE/LTE - A Business Case: Mission - and Business - Critical Mobile Broadband Communications’, Vehicular Technology Magazine, IEEE, vol.**9**, no.3, pp.47, 55, 2014

[16] 熊建平，于佳亮，李敏等. 铁路专用数字移动通信系统(GSM-R)投资建设模式和融资方式研究[C]. 第四届中国交通运输业财务与会计学术研讨会论文集. 2007:621-638

[17] 何欣恒. PTN 技术在数据专线业务的应用[C]. 辽宁省通信学会 2014 年通信网络与信息技术年会论文集. 2014:758-763

[18] 孔勇. 数字集群通信网络架构和多天线技术的研究[D]. 北京交通大学，2012

第 6 章　国外发展现状与趋势

美国在公共安全宽带专用移动通信的规划、建设和应用上走在了世界前列，不仅分配了 20MHz 公共安全专用频谱，还成立了专门的建设管理机构——第一响应人员网络管理局。在过去几年里，美国已经在 8 个地区开始建设公共安全宽带专用移动通信网络，积累了丰富经验。第一响应人员网络管理局根据这些经验制定了全国公共安全宽带网络的建设、运维总体规划方案。英国的 TETRA 网络 Airwave 服务合同将于 2016～2020 年陆续到期。为此，英国内政部提出了应急服务移动通信计划，来建设一个全新的应急通信网络以取代 Airwave 网络。由于英国没有可用的公共安全宽带专用频谱，同时认为建设运营一个公共安全宽带专用通信网络成本效益比较低，因此英国新的应急通信网络选择在商业 LTE 网络的基础上，实现面向公共安全的宽带移动通信。日本在公共安全宽带专用移动通信的发展上亦居于世界领先地位，不仅分配 32.5 MHz 专用频谱，而且已经开始采用 WiMAX 技术建设覆盖全国的公共安全宽带专用移动通信网络。韩国政府于 2014 年 7 月通过了在 2017 年以前利用 LTE 技术在全国建设公共安全宽带专用移动通信网络的计划。尽管该计划还没有指明具体的频谱分配计划，但已明确要求在 700MHz 频段中分配 20 MHz 专用频谱来建设公共安全 LTE 网络。澳大利亚生产力委员会于 2015 年 9 月发布研究报告《公共安全移动通信》，认为澳大利亚公共安全宽带移动通信的最佳解决方案是采用商业网

络。该报告的分析表明，采用专用网络费用高达61亿澳元(约43亿美元)，而采用商业网络仅需21亿澳元(约15亿美元)。只有当商业试验网络失败时，才会考虑建设专用网络。芬兰已经明确了未来公共安全专用通信向宽带演进的趋势，其TETRA运营商VIRVE给出了提供关键型语音和宽带数据通信所需的五步方案。未来数据的传输将采用由政府管控的专用-商用长期演进(LTE)混合网络模式。预计该混合网络将于2030年建成。加拿大已经在700 MHz频段为公共安全宽带网络分配了10MHz频谱，并计划在700 MHz频段再分配10MHz频谱，总共20MHz供公共安全宽带网络使用。同时，加拿大2015年经济行动计划为公共安全宽带网络提供300万加元(约250万美元)，启动公共安全宽带网络的建设工作。法国于2016年解决了公共安全宽带网络专用频谱问题，分配了两组专用频谱，分别是698～703 MHz、753～758MHz的2×5MHz，以及733～736 MHz、788～791MHz的2×3MHz，共计14MHz(新的频谱分配方案将于2019年7月正式生效)，并计划采用LTE技术建设公共安全宽带专用移动通信网络。具体情况参见图6-1。



图6-1　部分国家专业宽带移动通信技术体制的选择

6.1　美国

美国是公共安全宽带专用移动通信网络建设的引领者，其充足的专用频谱、统一的管理机构、充裕的资金和科学的测试项目令世界各国难以望其项背。2010 年 3 月，美国联邦通信委员会正式发布了《国家宽带计划》。在该计划的第 16 章“公共安全”部分中，建议使用 700MHz 频段建设覆盖全国的具有互操作性的公共安全宽带专用移动通信网络。2011 年 1 月，联邦通信委员会决定采用 LTE 技术部署公共安全宽带网络。2012 年 2 月，美国国会通过了《2012 年中产阶级减税及创造就业法》，明确提出将提供资金，建设全国性公共安全宽带专用移动通信网络，在 700 MHz 频段为公共安全总共划分了 20MHz 专用频谱，并成立了第一响应人员网络管理局来管理这 20MHz 频谱，同时负责建设全国公共安全宽带网络。至此，美国拉开了公共安全宽带专用移动通信网络建设的序幕。

6.1.1　历史经验

2001 年的 9·11 事件虽然已逐渐淡出人们的记忆，但该事件所造成的影响极其深远。在这次伤亡惨重的重大灾难事件中，消防队员的死亡人数多达 343 人，超过了 9·11 事件遇难总人数的 1/10。造成如此惨剧的一个重要原因就是应急救援人员所使用的应急通信系统无法进行互操作，无法发挥其应有的作用。又如，2012 年飓风“桑迪”袭击了美国东海岸，所有的商业移动通信网络都出现了不同程度的故障与中断，20%的商用无线基站无法正常运转，甚至在几周内，大片区域持续留下不规则的蜂窝通信网络。这表明，商业移动通信网络在应急处置时是不可靠的。

尽管信息通信技术发展十分迅速，但美国公共安全部门的信息通信装备和能力并没有与时俱进，远远落后于现代化的通信网络和

商业设备。正如时任纽约警察局长凯利 2012 年在国会作证时所言，“一位 16 岁少年所持有智能手机的无线通信能力远超过警员所具备的无线通信能力”。不仅仅是装备落后，更可怕的是，整个公共安全系统由成千上万个联邦、州和地方机构的小系统以碎片化的方式存在。独立管理的网络总数超过 1 万个，每个网络的用户数平均为 2000 人左右。这样的存在方式不仅使不同的公共安全机构彼此之间根本无法进行通信联络，而且在遭遇诸如 9·11 事件等重大灾难威胁时，会使应急救援人员以及公众陷入极度危险境地。这种孤岛式、相互割裂的信息通信系统既增加了系统本身的运维成本，也降低了公共安全官员决策指挥的有效性。

美国政府从历次重大事件的教训中得出结论，建设全国一体化的应急移动通信专网，对于消除各部门之间的障碍、增强互操作性至关重要，可使国家一线救援人员和公共安全机构之间的通信联络变得更加高效和安全。而且，利用 4G LTE 技术构建全国性的公共安全宽带移动通信网，既可在日常工作中提升公共安全机构的效率和水平，更可在发生重大突发事件时发挥关键作用，真正做到平战结合。通常情况下，商用宽带网络仅设计成“尽力而为”的网络，在发生自然与人为的灾害、停电以及其他重大事件期间易出现故障。因此，在建设全国公共安全宽带专用移动通信网络时，要按照更高的“公共安全级”标准建设。

6.1.2 频谱分配

美国是世界上最早分配公共安全宽带专用频谱的国家。美国公共安全机构除了继续拥有和使用传统的窄带语音通信频谱之外，还成功获得了 20MHz 宽带专用频谱。在 700MHz 公共安全宽带专用频谱的分配问题上，美国公共安全机构先是在 2007 年通过联邦通信委员会获得了 769~775MHz 和 799~805MHz 频段，共计 10MHz 频谱后，后又在 2012 年通过《中产阶级减税及创造就业法》，获得了

758~763MHz 和 788~793MHz，即 D Block 频谱。总计 20MHz 的专用频谱为公共安全宽带专用移动通信网络的建设提供了保障，令全世界各国公共安全机构向往不已。

截至目前，美国国内公共安全窄带、宽带专用频谱的分配情况如表 6-1 所示：

表 6-1　美国公共安全专用频谱

专用频段	频谱总量	用途
30~50MHz	20MHz	公共安全窄带通信(非全国性网络)
72~76MHz	4MHz	
150~173MHz	23MHz	
450~470MHz	16MHz*	
470~512MHz	42MHz	
769~775MHz、799~805MHz	12MHz	
806~824MHz、851~869MHz	36MHz	
758~763MHz、788~793MHz	10MHz	公共安全宽带通信(全国性网络)
763~768MHz、793~798MHz	10MHz	
4940~4990MHz	50MHz	

另外，根据 2012 年《中产阶级减税及创造就业法》，美国公共安全机构在获得 D Block 的同时，还需要在 9~11 年内退还其一直使用的公共安全窄带语音频段——T 波段(470~512 MHz)。

6.1.3　管理机构

在 2012 年以前，美国国内的公共安全宽带专用移动通信网络的建设各自为政，各显其能。部分地区与厂商展开合作，建设了一批有代表性的宽带专用网络。

然而，全美公共安全机构越来越意识到，为在未来更好地完成

公共安全使命，提高不同辖区、不同系统之间的互操作性尤为重要，因此需要建立一个全国性公共安全宽带网络，使美国公共安全机构的工作得到更好保障。因此，根据2012年《中产阶级减税及创造就业法》要求，美国成立了隶属于国家电信与信息管理局的第一响应人员网络管理局。根据规定，该机构不仅管理为全国公共安全宽带专用移动通信网络分配的20MHz频谱的审批，还负责管理该网络的设计、建设、使用、运营和维护等一切工作。在这个过程中，该机构需要与美国联邦政府、各州和地方的有关部门协同合作。

第一响应人员网络管理局负责全国性公共安全宽带专用移动通信网络的标准制定，负责确立公平、透明的实施计划征询方案，确保征询方案对于投标各方具有合理竞争性，最大限度地为方案节约经济成本，监督与此相关的所有与非政府部门间签署的合同和协议，通过与国家电信与信息管理局协商，确定拨款的使用范围以及拨款额度和分配方式等。其具体工作包括：

- 制定政策，包括建设网络和运行事宜的具体要求，如服务条款和计费方法；
- 与各州就费用开支进行磋商，这是制定政策和征询方案的一部分；
- 签定使用现有通信基础设施的协议，包括联邦基础设施协议；
- 结合不断发展的新技术，进行宽带网络的建设、维护、运行和改善；
- 与商业运营商签定协议，使公共安全用户能够漫游使用商业网络；
- 在与美国国家标准技术研究所(NIST)、联邦通信委员会和公共安全咨询委员会(PSAC)磋商时，代表用户的利益向标准制定委员提出建议。

公共安全咨询委员会作为第一响应人员网络管理局的咨询机构，主要职责是评估LTE系统在帮助第一响应人员网络管理局建立

和维护 700 MHz LTE 网络方面必须满足的技术需求，尤其是在网络的规划阶段发挥重要作用。此外，公共安全咨询委员会还试图建立一个商业模型，发展潜在的客户，使公共安全宽带专用移动通信网络能够在经费上自给自足。

2014 年以来，第一响应人员网络管理局一直在积极地推动公共安全宽带专用移动网络的建设。首先，该机构在 3 月份启动了 FirstNet.gov 的网站，发布了初步的战略路线图，为公共安全宽带专用移动网络建立了涵盖面广泛的战略框架。该机构制定了明确的部署计划草案，即一种正式促使各州参与网络设计活动的设计流程，其重点关注领域包括建设、实施和分析。其次，第一响应人员网络管理局公布了关于建立世界级公共安全宽带专用移动网络的目标设想，目的就是要为全美 280 万第一响应人员提供覆盖范围广、可靠性高、抗毁能力强的宽带通信系统，最大限度地满足第一响应人员的通信需求，如图 6-2 所示。



图 6-2 公共安全宽带网络的目标设想

第一响应人员网络管理局从 2014 年 7 月开始正式的州级磋商进程，发布了共计 46 个步骤的磋商和设计程序，以一种迭代方法，通过州一级层面了解网络覆盖需求。所讨论的主要问题涉及地方控制、目前系统使用的商业模式、基于 IP 的下一代 911 技术的集成等，重点是收集用于确定每个辖区公共安全宽带网络覆盖范围和部署计划的数据。截止到 2015 年 10 月，第一响应人员网络管理局已完成与所有 56 个州和联邦领地的初步州级咨询会。

6.1.4 网络建设

2014~2015 年是美国公共安全宽带网络建设基础性的两年，相关部门有计划地推进全国公共安全宽带专用网络的建设。按照 2012 年《中产阶级减税及创造就业法》的要求，第一响应人员网络管理局需要就全国公共安全宽带网络的建设、运行、维护和改进几个方面编写方案征询书。为有效地开展全国公共安全宽带网络建设，第一响应人员网络管理局率先开展了宽带技术机会项目。根据不同的试验目的，首先授权全美 8 个地区(见图 6-3)建设公共安全宽带专用网络，并根据这 8 个地区积累的建设与应用经验，规划全国公共安全宽带网络建设。2015 年 4 月 27 日，第一响应人员网络管理局发布了方案征询书草案。历经近 8 个月的建议征询后，第一响应人员网络管理局董事会于 2015 年 12 月 9 日最终批准了方案征询书，于 2016 年 1 月正式发布。随后，各家公司根据方案征询书的要求提交了各自的网络建设、运维方案。最终，2016 年底，第一响应人员网络管理局将确定最终方案。目前，美国已经完成全国公共安全宽带网络建设、运维等多个方面的全部计划。下面首先介绍美国公共安全宽带网络在这 8 个地区的建设情况。

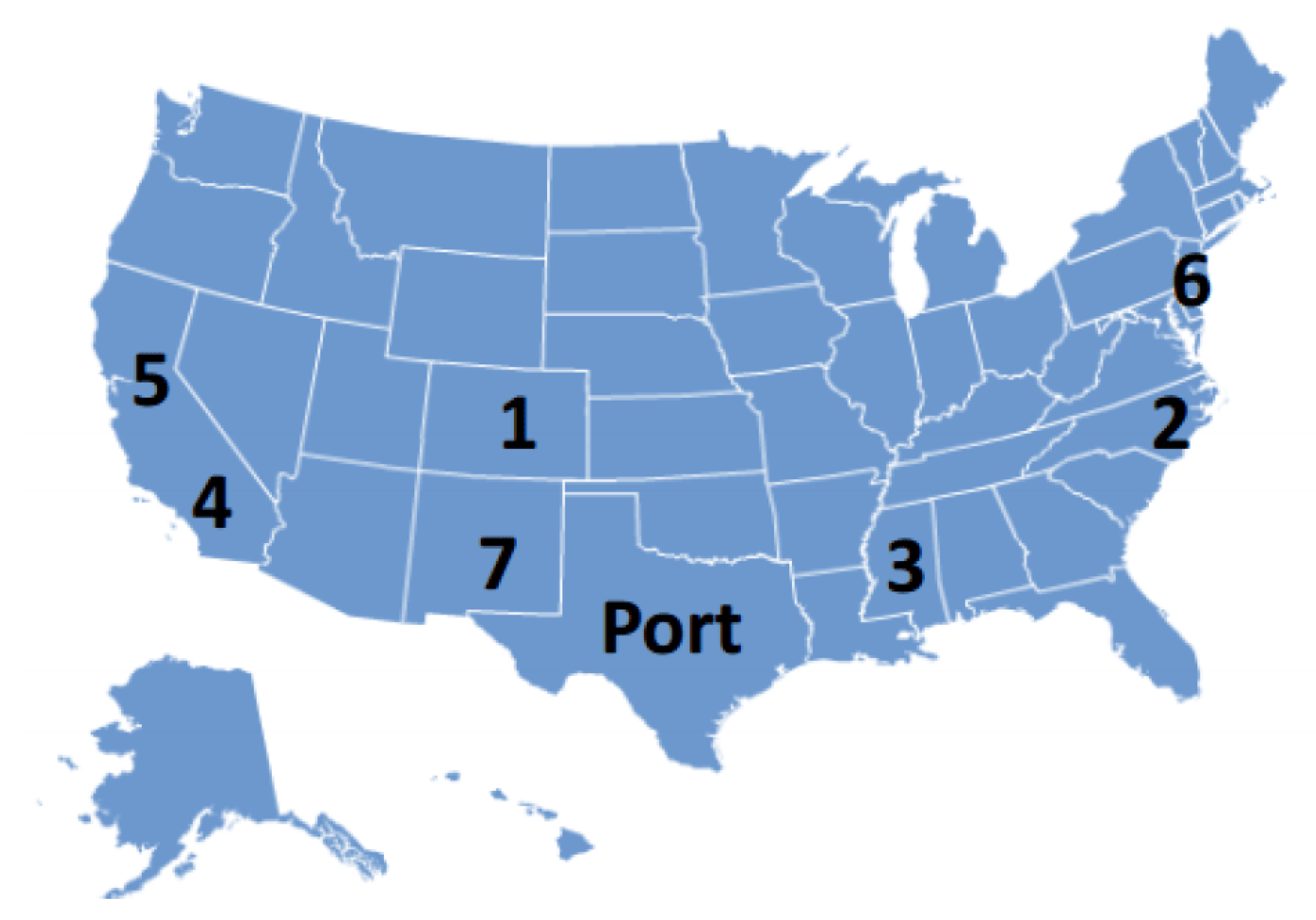


图 6-3　美国率先开始建设公共安全宽带专用网络的 8 个地区

1. 总体情况

目前，美国已经开始建设公共安全宽带网络的 8 个地区包括获得宽带技术机会项目授权的 7 个地区和 1 个港口，对应图 6-3，分别是：1 为科罗拉多州亚当斯县、2 为北卡罗来纳州夏洛特市、3 为密西西比州、4 为洛杉矶 LA-RICS、5 为旧金山 Bay-RICS、6 为新泽西州、7 为新墨西哥州、8 为德克萨斯州哈里斯县(港口)。

德克萨斯州哈里斯县和科罗拉多州亚当斯县的公共安全LTE项目于 2014 年 6 月正式运营，展现出真实的公共安全 LTE 部署情况。亚当斯县通信中心在接受宽带技术机会项目资助的情况下，在公共安全专用 700 MHz 频段运行 LTE 网络。该系统使用 3GPP LTE Release 9 标准(针对公共安全专用频谱)所规定的技术。所用软件至少可升级至 3GPP 的下两个版本。

在新泽西州、新墨西哥州和洛杉矶市，地区互操作通信系统的

其他 BTOP 项目也于 2015 年 9 月份完成。地区互操作通信系统是首个得到第一相应人员网络管理局的允许，利用 700 MHz 的 20 MHz 建设 LTE 网络的公共安全机构。2014 年 3 月，地区互操作通信系统与摩托罗拉公司签订总额 1.75 亿美元的建设 LTE 网络的合同。该工程于 2015 年 8 月中旬完成。其 LTE 网络包括 232 个基站，将是第一响应人员网络管理局在全国实际部署完成前最大的公共安全宽带网，也是宽带技术机会项目中最大的一个项目。截至 2015 年 9 月底，地区互操作通信系统完成 80 个 LTE 站点的建设。这 80 个 LTE 传输站点是 2015 年春天修改计划中将 231 个缩减后的结果。其中，部署两个新的微波站点，以加强系统的回程传输。这样，总的站点数就减少到 78 个。

新泽西州于 2015 年与第一响应人员网络管理局合作，建设了完全由可展开设备组成的应急人员 LTE 系统。该系统采用 Mutualink 公司的软件，旨在确保通过多种技术，在几乎所有情况下实现地区互操作性，以及在可使用回程连接时的远程互操作性。表 6-2 列出美国 8 个地区的状况。

表 6-2　美国 8 个地区公共安全宽带网络建设情况及目的

项目地点	基站数	状态	目的
科罗拉多州	16	已开通	终端测试、PS 功能演示、性能测试
北卡罗来纳州	39	已开通	—
密西西比州	144	已开通	—
洛杉矶地区	80	已开通	网络拥塞处理
旧金山地区	150	已开通	—
新泽西州	30	已开通	快速部署的能力和容灾能力
新墨西哥州	7	已开通	墨西哥边境地区国际频率共享及兼容性
德克萨斯州	14	已开通	漫游，数据分析，农村覆盖，特殊处理及培训

2. 各地概况

科罗拉多州、北卡罗来纳州、密西西比州、新泽西州、新墨西哥州、德克萨斯州等分别与摩托罗拉公司、阿尔卡特朗讯公司、雷神公司和哈里斯公司展开合作，建设公共安全宽带通信网络。

(1) 科罗拉多州亚当斯县

2011 年 6 月，科罗拉多州亚当斯县与雷神公司签订了一份价值 870 万美元的 LTE 网络建设合同。该合同得到了宽带技术机会项目计划的资助，其中 LTE 设备将由 IPWireless 公司提供。该网络由 16 个基站组成，在 2012 年已完成网络建设和测试，2013 年开始为亚当斯县公共安全机构提供视频流、远程数据访问和信息共享等移动宽带数据服务。

(2) 北卡罗来纳州夏洛特市

2011 年 10 月，北卡罗来纳州夏洛特市政府通过决议，选择阿尔卡特朗讯公司部署基于 700MHz 公共安全专用频谱的 LTE 公共安全网络。这一宽带网络将帮助有关机构提高关键数据管理的可靠性，并通过大幅提升网络效率，为本地区同其他地区的通信提供支持。夏洛特市的 LTE 网络部署已于 2013 年 7 月完成，由 39 个基站组成，其中 75%部署在现有商业基础设施之上。该 LTE 公共安全网络的部署主要由宽带技术机会项目计划出资，总金额达 1670 万美元。

(3) 密西西比州

2011 年 6 月，密西西比州无线通信委员会与摩托罗拉公司签订了价值 5600 万美元的 700MHz LTE 网络建设合同。该州从宽带技术机会项目中总共得到 7000 万美元的资助，计划建设一个名为“密西西比无线信息网络”的 700MHz 窄带系统和一个共享这些窄带系统站点的 LTE 网络。网络总共有 144 个基站。

(4) 德克萨斯州欧文市

2012 年年初，德克萨斯州欧文市与摩托罗拉签订了价值 2200 万美元的公共安全专业网络建设合同。该合同既包括 P25 Phase 2 窄带语音业务，也包括 LTE 宽带数据业务。根据合同，摩托罗拉除了提供 P25 和 LTE 设备之外，还将提供光纤、调度台、数据设备和计算机辅助调度、消防报警等软硬件服务。建成后的 P25 网络将是一个由 4 个基站组成的 10 通道联播网络，包括 1000 台 APX 移动便携式设备，而 LTE 网络则由 6 个基站组成，包括 220 台车载 LTE 设备。

(5) 德克萨斯州哈里斯县

2012 年 4 月，德克萨斯州哈里斯县与摩托罗拉签订了价值 400 万美元的合同，将该县 LTE 网络现有的 6 个 LTE 基站扩展至 14 个，部署实时视频情报方案，以实现指挥中心、机动车和移动设备之间的视频传输，并利用宽带服务器来支持 LTE 网络与 ASTRO P25 网络之间的宽带 PTT 功能。据悉，摩托罗拉还会提供 VML 700 LTE 机动车调制解调器、MW 810 移动工作站和 MVX 1000 车载数字视频系统。

3. 典型网络

美国旧金山地区被美国国土安全部归类为“受威胁最大的都市区”。该地区人口极为密集，重要机构众多，很容易遭受自然、人为灾难的袭击。为保障该地区的公共安全，2006 年，湾区的 3 个中心城市(旧金山、奥克兰和圣何塞)和 10 个县共同建立了旧金山湾区互操作通信系统(BayRICS)，其目的在于向湾区提供语音、数据互操作性服务。

湾区互操作通信系统由 BayComm、BayWEB、BayISS 和 BayLoop 等 4 个主要模块构成，如图 6-4 所示，它们分别执行以下功能：

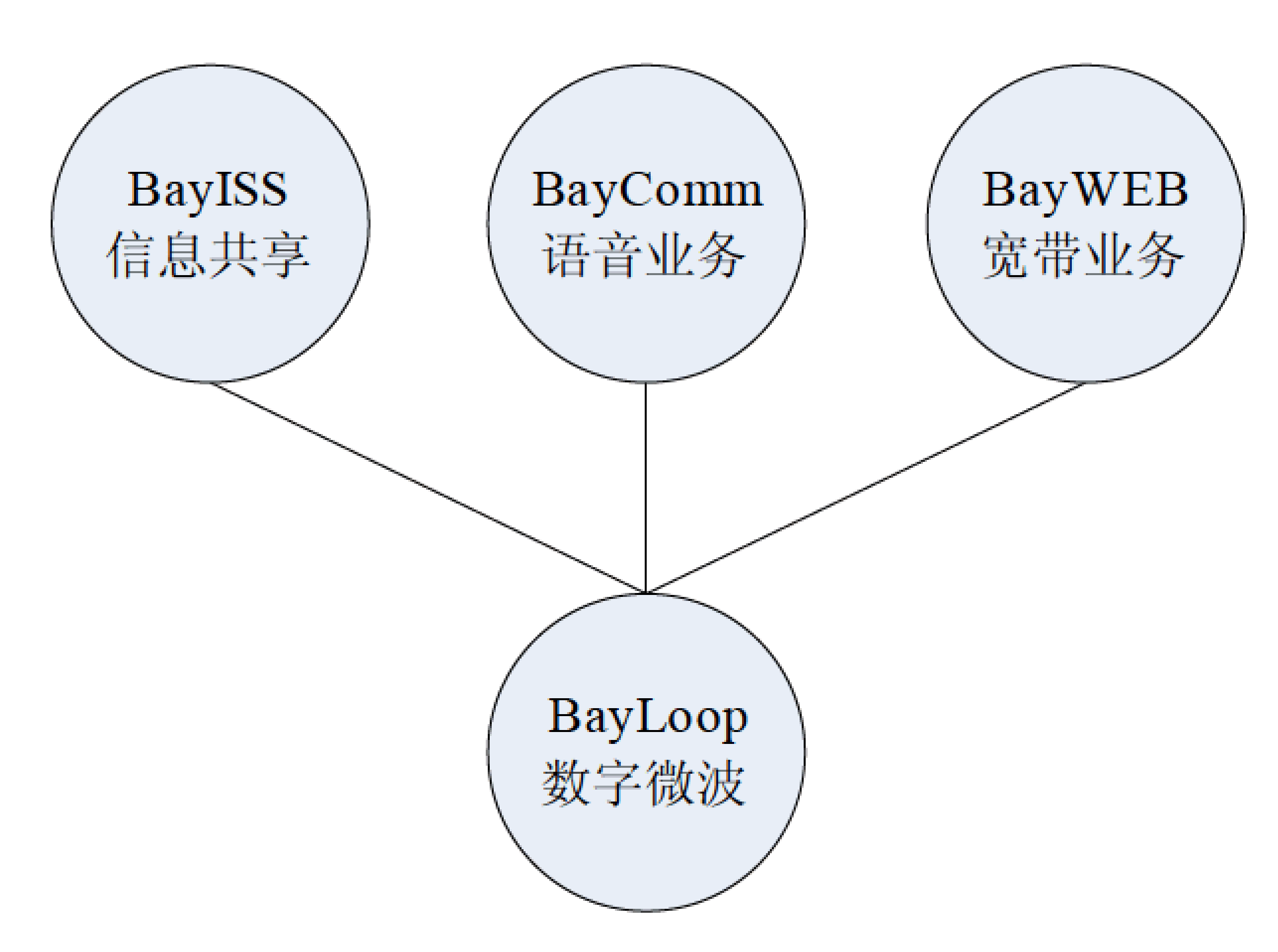


图 6-4　湾区互操作通信系统

BayComm：提供 P25 语音服务，是湾区互操作通信系统的 700 MHz P25 语音模块；

BayWEB：提供宽带业务，通过 4G LTE 提供多媒体宽带应用业务，并与其他 LTE 网络实现兼容；

BayISS：提供信息共享功能，利用通用的应用程序来实现跨机构、辖区的信息共享；

BayLoop：负责数字微波回传，向湾区内的所有机构提供网络连接。

为实现 BayWEB，2010 年旧金山政府和摩托罗拉达成一致，计划在湾区建设一个地区性 700MHz LTE 系统。该系统是美国国内第一个基于 LTE 的公共安全宽带网络。它建立在原有的示范项目基础之上，能够向下兼容原有的 P25 设备。系统建成之后将会为大湾区内的多个机构，如旧金山、阿拉梅达、奥克兰、康特拉科斯塔等市县提供服务。摩托罗拉全程负责提供 LTE 宽带解决方案和下一代公共安全解决方案，并提供一系列互操作性更好的多媒体应用业务。未来，该系统还会得到扩展，为加利福尼亚州的多个公共安全网络提供支持。

2012 年初，BayRICS 管理机构成员经投票通过了一项宽带系统

资金计划和一项为期 10 年的建设-拥有-运营-维护协议。在宽带系统资金计划中，国家电信与信息管理局将拨款 5060 万美元用于建设宽带系统。在协议中，湾区授权摩托罗拉建设并运营 BayWEB，且规定其必须在 2013 年 8 月 1 日前完成建设工作。BayWEB 建成后，湾区的公共安全机构能利用网络发送和接收地图、照片、视频，并访问公共安全数据库和应用程序。BayWEB 共有 150 个基站，用户达 6000 个。在网络运营的第一年，摩托罗拉会向公共安全用户收取 38 美元/月的费用，并在 10 年后将网络归还给湾区互操作通信系统管理机构。

6.1.5 测试工作

1. 公共安全通信研究(PSCR)测试

公共安全通信研究(PSCR)项目自 2003 年设立以来，一直进行标准的研究、开发、测试和评价，以支持第一响应人员的通信能力。测试项目位于美国商务部科罗拉多波尔多实验室内，由美国国家标准技术研究所执法标准办公室与国家电信与信息管理局电信科学研究所共同负责建立，并得到了美国国土安全部和美国司法部的资助，旨在通过开展研究、开发、测试和评估等工作，来提高全国公共安全通信的互操作性。该项目承担多项工作，其中涉及公共安全宽带通信的项目有公共安全 700MHz 宽带、基于无线宽带的无线电通信等。

在公共安全 700MHz 宽带项目中，公共安全通信研究正在建立一个全国性公共安全宽带示范网络，通过需求征集和标准制定等方式来提供技术支持。此外，根据联邦通信委员会的规定，所有为 700MHz 公共安全宽带网络提供设备的供货商都必须参加测试计划。此测试计划分为 3 个阶段，分别是：基本功能测试(测试 LTE 设备是否能实现最起码的功能)；系统与节点级别测试；先进特性、

一致性、互操作性和漫游功能测试。摩托罗拉、阿尔卡特朗讯、哈里斯、泰雷兹和通用动力等公司均参加了测试。其中，摩托罗拉于 2013 年 2 月 11 日成为首个完成该测试计划的第 3 阶段第 1 部分的所有测试活动的厂商。此次测试成功地证明了无线接入网和核心网与其他厂商(如阿尔卡特朗讯、诺基亚西门子和思科)产品的互操作性，这也是构建全国性公共安全宽带专用网络的重要基础。第 3 阶段测试活动还涉及网络驱动测试，验证在操作环境中单一 LTE 网络的性能，并成功地测试了 LTE 内切换、网络覆盖、网络负载，以及应用程序消息/协议性能。泰雷兹公司也于 2013 年 5 月通过测试，验证了该公司核心网络解决方案与其他厂商的无线接入网设备之间的互操作性，以及多用户设备之间的互联互通。

基于无线宽带的无线电通信项目成功地将哥伦比亚特区现有的 LMR 系统与宽带网络相集成，使计算机、手机等宽带设备与 LMR 网络中的无线电台进行通信，从而实现宽带网络与 LMR 之间的无缝互操作。另外，该项目还包括 P25 一致性评估项目、P25 标准制定、VoIP、公共安全音频质量、公共安全视频质量等相关的研究。

2. 厂商联合测试

早在 2012 年 7 月，哈里斯公司就进行了美国首次全国性公共安全 LTE 示范网络测试，展示了其为第一响应人员所提供的下一代 700MHz LTE 宽带功能。此次测试有切姆斯福德、拉斯维加斯、迈阿密、戴德和罗切斯特这 4 座城市参与。哈里斯公司将 LTE 核心网络设置于马萨诸塞州切姆斯福德县，在此建立了综合协调指挥中心，并分别在拉斯维加斯、迈阿密、戴德和罗切斯特各部署 1 辆机动车来模拟现场监视场景。在测试中，机动车上安装的摄像机可以拍摄监控视频，不同地点的用户能利用 LTE 网络共享视频、语音等数据，以支持不同模拟状态下的关键任务行动。以模拟监视嫌犯的场景为例，指挥中心的监控人员不仅可以看到机动车逐渐靠近嫌犯，还能

与执法人员进行实时交谈，且交谈的过程中并未出现时间延迟。

2013 年 2 月，多家企业在新奥尔良市成功联合测试了下一代公共安全 LTE 网络。与 2012 年 7 月美国首次全国性公共安全 LTE 示范网络测试相比，此次测试所使用的网络由两个基站组成，工作于 20MHz 宽带频谱，而第一次只有一个基站，且只工作于 D Block 分配之前的 10MHz 宽带频谱。参加测试的有哈里斯、思科、诺基亚西门子等公司。哈里斯提供了手持设备、公共安全应用程序和车载调制解调器，思科提供了本地演进分组核心，诺基亚西门子则提供了基站。在测试中，第一响应人员在人口非常密集的超级碗比赛中使用哈里斯平板电脑采集视频，并通过专用 LTE 网络将其传回新奥尔良紧急运行中心，实现了现场实时视频传输。

2013 年 8 月，哈里斯公司在加利福尼亚进行了一次小规模公共安全移动宽带网络试验，首次验证了通过由卫星支持的宽带 LTE 服务向第一响应人员远程传输数据和语音的可能性。本次试验模拟了一个场景，即两支第一响应人员小分队在现场应对模拟的野火灾害，并与远程控制中心进行实时通信。由于试验所在地区没有商业蜂窝网络的覆盖，因此第一响应人员在一辆汽车上安装了一台移动卫星终端，可利用便携式专用 LTE 网络和 LMR 设备快速建立与周围地区的连接。卫星终端利用哈里斯卫星业务宽带回传功能，实现了与 700 MHz 专用 LTE 网络和传统 LMR 的连接。第一响应人员使用 RPC-200、RF-3590 和 LMR 手持无线电等设备实现了语音和视频的共享，从而明显提升了协同工作效果。在试验中，哈里斯卫星业务和地面骨干网使第一响应人员与远程控制中心之间的连接成为现实，语音通信通过公共安全应用程序处理。

公共安全通信研究示范网络的当前版本是在 70 多家供货商提供的设备与支持下开发的。其试验平台也运行了五年多，其间一直寻求新的行业合作者参加公共安全宽带示范网络的测试。到 2015 年 7 月，39 个电信公司签署了新的五年期合作研究和开发协议。鉴

于公共安全宽带网需要覆盖全美 380 万平方英里的面积，而其中的90%多是荒野地区，考虑到荒野地区的使用，公共安全通信研究于2014 年 3 月进行了蜂窝基站技术测试、上行测试以及标准 LTE 软件保护器的车载测试。

综上所述，经过几年的运作，在美国政府和公共安全通信部门的不懈努力下，美国公共安全宽带移动通信领域已取得了多方面的建设成效，全国公共安全宽带网络建设已经成为全球公共安全宽带专用移动通信网络建设的典范。

6.2　英国

作为欧洲的老牌工业国家，英国早在 2000 年就建设了覆盖全国的基于 TETRA 标准的 Airwave 网络。鉴于该网络的运营合同将于 2016～2020 年陆续到期，英国政府希望通过应急服务移动通信计划建成基于商业 LTE 的公共安全宽带移动通信网络，以全面提升现有公共安全通信的能力，实现高速的宽带移动通信，为其公共安全应急服务提供更有力的通信保障。

6.2.1　现有系统

目前，英国公共安全机构使用的移动通信系统是基于 TETRA 的窄带数字集群通信系统，另外还通过使用商业网络来满足宽带移动通信的需求。

2000 年，英国内政部提出了建立全英警用无线通信系统的计划，决定采用符合欧洲数字集群规范的 TETRA 系统[1]，并将该项目取名为 Airwave。该项目经费达 29 亿英镑，计划全国建 3500 多个

1　英国内政部建设的全英公共安全 TETRA 系统是世界上第一个全国警察 TETRA 集群调度系统。

基站(配有直升机载应急基站)，7 个大区交换机。每支警察队伍都有自己的调度台，有超过 4500 个调度台，全网用户超过 20 万。该项目的网络设备由摩托罗拉提供，终端设备来自摩托罗拉、诺基亚、Sepura 等，数据服务的网关由西门子提供运营维护，警务方面的部署和需求由英国警察信息技术组织和各级警局的 IT 部门共同完成。

由于公共安全形势日益严峻，而且自然灾害频发，TETRA 作为一种传统的窄带集群技术，渐渐无法跟上可视化、宽带化的公共安全通信发展趋势。首先，其传输速率最大仅能支持 28.8Kb/s，除了语音业务，根本无法满足公共安全用户日益增长的多媒体视频通信调度的需求。其次，TETRA 无法向宽带技术演进。

因此，英国于 2007 年进行了短暂的宽带移动网络测试。在测试中采用了 TD-CDMA 技术，运行于 872～876MHz 和 918～921MHz 频段。英国国家警务改善局与苏塞克斯郡警察局共同完成了对该网络的测试。具体的测试内容包括：在一辆最高时速达 80 英里/小时的警车上安装一台摄像机和车牌自动识别系统，将拍摄的路面情况视频和车牌号实时传输到网络覆盖范围内的固定、移动设备上，并通过这些设备访问警察国家计算机中心来查询该车辆信息，将查询结果与实际信息进行比对。结果表明，可以清晰辨别过往车辆车牌，并能实现视频的实时传输和数据库的实时查询。

而随着时间的推移，全球 LTE 公共安全通信以及 LTE 行业集群通信受到越来越多的关注，LTE 公共安全产业发展势头迅猛。以大带宽、高速率、全 IP 为特点的 LTE 宽带集群正成为市场的主流需求，引领公共安全网络进入 LTE 网络时代。因此，LTE 技术也成为英国政府关注的重点。

6.2.2　宽带网络

1. 背景因素

虽然英国公共安全机构急需建立一个新的解决关键任务语音和数据通信的宽带网络，但就选择建设何种宽带通信网络而言，仍有频谱分配、资金投入等因素需要加以考虑。

(1) 缺少专用频谱

英国的公共安全机构一直在沿用 1996 年分配的 410MHz 频段的 10MHz 频谱，目前英国尚无可用的频谱分配给公共安全专用宽带移动通信。

英国通信管理局于 2013 年 10 月发布了《未来 10 年频谱管理》，阐述了对未来频谱使用的基本观点，认为公共安全专用宽带移动通信所需频谱应是英国未来 10 年间需要优先考虑的领域。英国通信管理局还表示：英国的公共安全通信提供商正在考虑用户对下一代宽带通信的需求，鉴于为公共安全用户提供语音通信服务的合同也将于 2016~2020 年陆续到期，英国正在考虑未来同时提供语音和宽带数据通信的条件。随着英国政府做出如何改变今后的无线通信服务的决定，英国通信管理局势必会在频谱分配方面付出努力。

2015 年，通过与英国相关政府机构以及公共安全机构进行咨询与讨论，英国通信管理局与其达成共识，即公共安全机构网络的频谱分配问题应从国家层面加以考虑，国际上采取的任何频谱统一措施都必须足够灵活，以满足专用和商用网络的需求。因此，英国通信管理局反对单纯以专用和已确定的公共安全机构频段为基础形成的解决方案，反对任何会消除本国公共安全机构灵活性的频谱统一措施。英国通信管理局认为，针对应急服务确定出公共安全机构的唯一专用频段可能会在一定程度上对特定国家的发展带来限制，应根据本国的具体情况选择最合适的频谱解决方案。对于英国来说，该解决方案应能使英国从国家层面确定不同频段的范围，包括使用

已经建成的商业网络。

(2) 资金预算紧张

英国目前每年为 TETRA 网络支付的服务费竟高达 4.5 亿英镑，投入资金已超出预先计划。与 Airwave 供应商盈利丰厚相比，Airwave 的高昂收费令预算不足的英国警局曾为省钱而煞费苦心。据 2010 年英国媒体报道，英国警察在 Airwave 系统下使用的 MTH800 数字集群对讲机具备打电话、发短信等多项功能，但由于网络营运商对警察对讲机的收费太贵，导致英国很多地方的警察被告知，少用或不用对讲机联络，改发短信。事后，虽然英国多个警局前警长炮轰这项“短信联络”措施，但该报道无疑揭露了英国警方在使用 Airwave 系统中面临的资金窘迫局面。

实际上，英国警方在最近数年内的资金预算一直趋于紧张。据报道，2008 年英国警察就曾经为省油而减少紧急出警服务。2011 年，即使英国伦敦等地接连发生严重治安事件，警察疲于奔命，首相卡梅伦也咬着牙坚持裁减计划。2011 年至 2015 年期间，英国政府对于警方的预算已经削减了 25%，预期未来还将继续削减。

因此，除了目前没有可分配的公共安全宽带移动专用频谱之外，英国政府亦缺乏足够的资金来建设一个公共安全专用宽带网络。

(3) 选定最终建设模式

鉴于专用频谱缺乏和资金不足等因素，英国政府在应急服务移动通信计划中，选择在LTE 商业网络上实现公共安全宽带移动通信，以便为应急服务建设一种价格更低、质量更高、功能更强的通信服务网络，即目前正在建设中的应急通信网络。

2. 国家计划

应急服务移动通信计划于 2013 年启动，被英国政府列为十大政府项目之一。英国政府希望通过该计划全面提升现有公共安全通信的能力，建设一个全新的应急通信网络，实现高速的宽带移动通

信，以为其公共安全应急服务提供更有力的通信保障。

应急服务移动通信计划是一个由英国内政部领导的跨多个政府部门的项目，旨在以高性价比、高性能和需求主导为目标，实现下一代公共安全宽带移动通信。该项目由四个任务小组构成，分别是需求组、商业组、技术解决方案组和过渡方案组。

需求组负责与各个应急通信使用部门联系，研究用户的需求，以完成未来下一代公共安全通信的需求分析；商业组负责研究潜在的商业合同和方法，以实现下一代的通信服务，该组还支持过渡方案组；技术解决方案组重点分析项目的技术、框架和所需频谱，同时负责国际通信标准、安全和过渡技术方面的工作，并开展技术测试；过渡方案组负责在下一代宽带网络没有实现之前的过渡期的解决方案，将与用户和各个利益相关方一起研究出最佳方案。

相对于 Airwave 网络运行在一个专用移动无线电系统上，应急通信网络则预计将需要通过一种增强型商业网络来提供宽带数据服务。在增强型商业网络中，应急服务将比其他用户拥有一定的优先权限，从而避免使用昂贵的专用移动无线电频谱。由于应急通信网络将为英国的三大应急服务(警察、消防救援、医疗)和其他公共服务提供集成式关键语音和宽带数据服务，因此其所需的移动通信网络应能够提供应急服务所需的全面覆盖、网络灵活性、安全需求和公共安全功能。此外，应急通信网络还应具有其他一些满足实际需求的功能，如医务人员之间可在病人住院期间共享病历和影像的功能、通过建筑图来帮助规划和协调多项消防救援服务的功能。

英国国务大臣迈克·潘宁表示，与旧系统相比，新网络不仅可以提供更大的容量、更好的灵活性和更强的功能，还将在未来 15 年间节省约 10 亿英镑的费用支出。

(1) 应急通信网络的服务用户

为了满足三大应急服务的需求，应急通信网络目前需要覆盖英国国内的下列用户：三大应急服务机构共约 25 万名业务人员、44

家警方和打击犯罪机构、50 家消防和救援机构、13 家救护信托医院、国家打击犯罪局、3 类非内政部所属警察服务(英国交通警察、国防部警察、民用核能警察)、国家警航服务。

此外，应急通信网络还需要为 400 多家英国政府机构、地方公共安全机构以及其他潜在用户提供服务。这些潜在用户最多可以添加约 5 万套额外的可连接设备。

(2) 应急通信网络的预计时间进度

应急通信网络的预计时间进度为：2015 年 12 月前，主要合约签订完成；2017 年 7 月至 9 月，开始提供服务；2017 年至 2020 年，完成到应急通信网络的过渡。

(3) 应急通信网络的服务合同批次

英国内政部为应急通信网络寻求供应商的招标工作分为 4 个批次进行，其中包括集成、管理、基础设施和操作服务：

- 批次 1：应急通信网络服务合作伙伴(DP)——过渡时期支持、跨批次集成和用户支持：提供跨批次与应急通信网络集成相关的项目管理服务、过渡时期项目管理服务、培训支持服务、针对跨批次集成的认证试验服务，以及车辆安装设计和认证服务；
- 批次 2：应急通信网络用户服务(US)——由技术服务集成商为 ESN 提供端到端的系统集成：提供公共安全通信服务(包括公共安全应用程序的开发和运行)、必要的电信基础设施、用户设备管理、客户支持和服务管理；
- 批次 3：应急通信网络移动服务(MS)——灵活性移动网络：由网络运营商提供的增强型移动通信服务网络，在批次 3 所定义的区域(英国)内，具有高度可用的全面覆盖范围。相比批次 4 中的电信网络，具有高度可扩展的覆盖范围。与批次 2 和批次 4 中的服务相比，具有所需的技术接口；

- 批次 4：应急通信网络扩展服务(ES)——覆盖范围超出批次 3 中的网络：一个共构网络平台，在批次 4 所定义的区域内提供高度可用的电信网络，以便批次 3 中的供应商扩大区域覆盖范围。

(4) 应急通信网络的服务合同签订进展

服务合同招标过程：2015 年 4 月 14 日，欧盟官方杂志刊登了关于应急服务移动通信计划合同的通知，标志着招标过程正式开始。2015 年 1 月，由于受邀供应商所做出的投标承诺无效，第 4 批次招标被英国内政部宣布废弃。2015 年 2 月，8 家供应商受项目招标方邀请进入主要采购过程的协商阶段，并提交最终投标书。

服务合同签订结果：2015 年 8 月，美国公司赢得了第 1 批次的服务合作伙伴合同。2015 年 12 月，摩托罗拉解决方案公司获得了第 2 批次的用户服务合同，英国电信运营商 EE 赢得了第 3 批次的移动服务合同。三项合同的签订完成标志着英国公共安全宽带网络真正进入实施阶段。政府承诺会额外支出 10 亿英镑(约 15 亿美元)的费用来支持应急通信网络的运维。

(5) 应急通信网络服务合同的配套项目

为确保应急通信网络服务合同的顺利执行，应急服务移动通信计划还设立了如下配套项目，用于购买相关的设备和服务：

- 用户设备和配件。
- 车载设备。
- 空对地网络。
- 控制室升级。这可能需要：升级 200+综合指挥控制系统，连接公共服务网络，连接移动数据系统、消防调度系统和指挥控制系统。
- 扩展方面的服务。配套项目将考虑：移动网络运营商承诺提供 98%的人口覆盖率，移动网络运营商承诺提供 90%的地理覆盖范围。

6.2.3 卫星通信

到 Airwave 服务停止之时，新的应急通信网络网络可能还无法覆盖所有区域。为解决这一问题，卫星运营商 Avanti、Quortus 和英国公共安全通信协会之间通过战略合作设立了 HYDRA 项目。该项目采用卫星回程传输技术来实现独立便携式 4G/LTE 网络。

当紧急情况发生时，通信信号的覆盖范围至关重要，HYDRA 解决方案可提供多达数千米的覆盖范围。若使用一个经过 TCP 优化的此类网络，用户在一台移动设备上可获得 9～10MB 的下载速度，近 5MB 的上传速度。作为一种紧凑化技术，HYDRA 可以被快速部署到任何不具有移动电话通信信号覆盖的地方，将全面提升应急服务用户在获得响应时的浏览体验，能够通过智能终端为用户提供流畅的视频流，并可同时运行多个应用程序。用户既能享有最高的卫星链路配置，又不会损害标准的网络架构。作为补充性技术措施，这是应急通信网络建设过程中第 4 批次涉及的重要市场之一。HYDRA 项目已获得英国政府技术战略委员会联合赞助，其下一步计划是吸引网络运营商的加入，以构建一个可在许可频谱之上运行的商用系统。

6.3 日本

日本是一个自然灾害多发的国家，但在很长一段时间里，只有窄带系统(语音、短信等)可以作为公共安全机构的无线通信手段，公共安全和应急部门无法将事件和灾害现场的视频及时、有效、便捷地传输给指挥人员，因此公共安全机构对于能够用于传输视频图像的宽带无线通信系统期望已久。2010 年 3 月，日本总务省信息通信审议会就开始对公共安全宽带专用移动通信系统进行研究，对基站、终端、网络等方面内容进行了讨论。2012 年，随着日本模拟电

视广播过渡到数字广播的完成，日本利用这段频谱红利将 VHF 频段中的 32.5MHz(170~202.5MHz)分配给公共安全宽带通信使用。此后，日本信息通信技术研究所、日本无线工业及商贸联合会等相关机构一直在推动相关技术和标准的研究工作。2013 年 3 月，日本正式在全国范围内开始建设公共安全宽带专用通信网络，推出了世界上第一个用于公共安全的 VHF 波段 WiMAX 宽带无线通信系统。作为亚洲最发达的国家，日本的公共安全宽带通信发展亦走在了世界前列。

6.3.1　频谱分配

如图 6-5 所示，日本地面模拟电视广播服务在 2012 年前总共使用了 VHF/UHF(超高频)频段下 370MHz 频谱，并从 2012 年过渡到地面数字电视广播服务，使用 470~710MHz 波段。在这种转变下，总计 130MHz 频谱将可以被其他无线系统重新使用。日本决定将这 130MHz 频段中的 32.5MHz(170~202.5MHz)分配给公共安全机构，用于建设宽带专用移动通信系统。此外，还在该频段与电视广播专用频段(207.5~222MHz)之间保留了 5MHz 频段作为保护带，以减少两频段间的干扰。由于在 VHF 波段的传播损耗(包括衍射损耗)比在 UHF 或者更高频段的损耗更小，一个基站具有更大的覆盖范围和更稳定的通信链路，大大节约了建设成本。

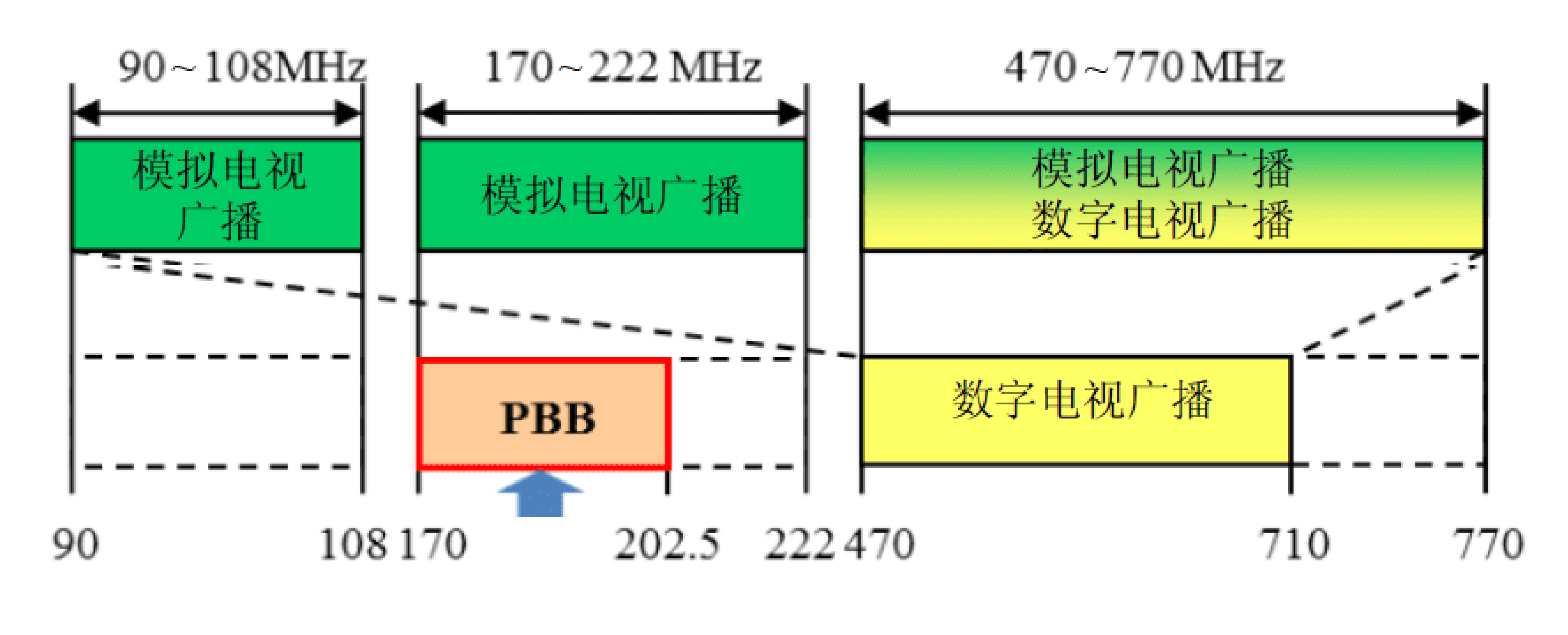


图 6-5　公共宽带频谱

2013 年 3 月，北海道综合通信局、近畿综合通信局、关东综合通信局、东海综合通信局、四国综合通信局、中国综合通信局(覆盖了日本全国)从地方警察厅情报通信部获得了建设“公共安全宽带移动通信系统无线局”的许可，正式开始着手建设公共安全宽带移动通信网络。

6.3.2　应用与要求

1. 应用案例

图 6-6 给出了一些 200 MHz 公共安全宽带无线通信系统的使用案例。其中一个主要用途就是从灾难现场将视频图像传输到应急指挥总部(高达 10 Mb/s 的上行速度)。

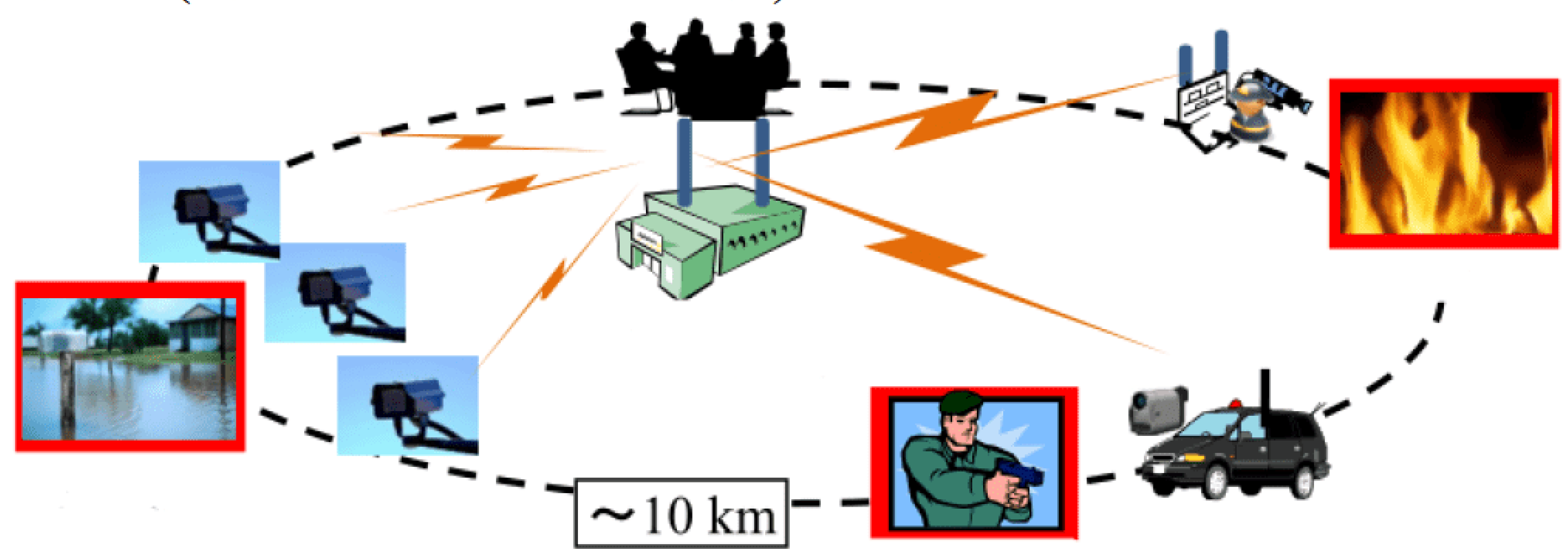


图 6-6　公共安全宽带专用移动通信系统使用案例

2. 系统要求和技术条件

以下是该系统的要求。

第一个要求是提供一个稳定的通信覆盖范围。由于该系统采用 200MHz 波段，与 UHF 或者更高频段相比要低一些，所以预计通信覆盖范围会得到扩大。

第二个要求是支持更高的数据吞吐量，尤其是移动环境中的上行通信。这是由于公共安全机构需要将多媒体内容(如视频图像、高分辨率的灾区照片)上传至应急指挥总部。

第三个要求是一个基站支持多个移动站(MS)，而且基站同时也要支持多个移动站进行多种数据传输速率的应用。该系统必须能够实现动态频率和时隙接入的多路访问方案。

基于上述要求，日本确定了基本技术要求。该系统的信道分配如图 6-7 所示，每个信道都有 5MHz，并在两侧各分配了 2.5MHz 的保护频带，以减轻对其他相邻频段无线系统的干扰。固定基站的最大功率为 20W，便携式基站和移动台的最大功率为 5W，双工方案采用了时分双工(TDD)。

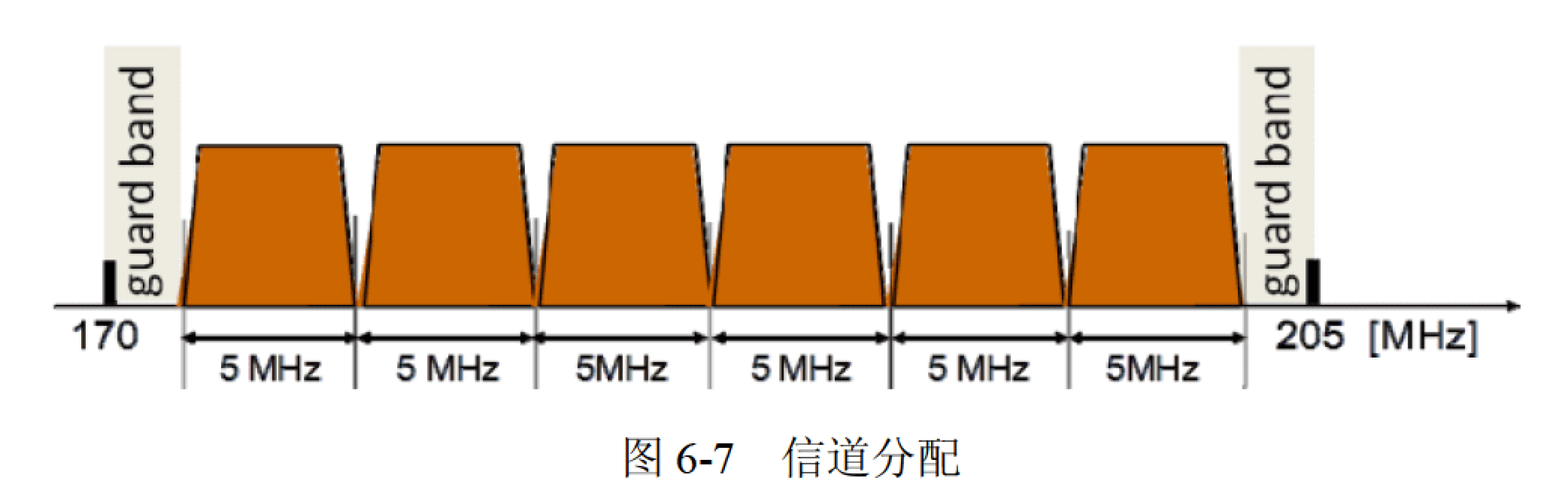


图 6-7　信道分配

至于多路访问方案则采用了正交频分多址(OFDMA)，因为它很容易让用户实现动态频率和时隙接入。此外，为使视频图像的传输等同于(甚至高于)NTSC、BPSK、QPSK、16-QAM 调制方式，该系统选择了 64-QAM 作为 OFDM 中每个子信道的调制解调原则，其最大的天线增益是 10dBi，以此对来自其他无线通信系统的干扰降到最低，并提高数据传输速率。

6.3.3　标准工作

日本的标准化组织——日本无线工业及商贸联合会于 2011 年制定了便携式基站和移动台之间的 200MHz 频段宽带无线通信系统的物理层与媒质接入层标准。该标准包括两种物理层模式，分别为模式 1 和模式 2。模式 1 有两个子模式，一个子模式用于 5MHz 信道带宽的基于 512 点 FFT 的“Mobile WiMAX”物理层；另一个子

模式是用于 5MHz 信道带宽的基于 1024 点 FFT 的物理层。模式 1 中的两个子模式都是 IEEE Std.802.16TM-2009 的子集。模式 2 指定了一种在 VHF 频段操作具有最佳导频图案的新物理层。

6.4 韩国

公共安全专用 LTE 网络的建设在韩国受到高度重视和广泛关注。韩国具备建设公共安全 LTE 网络的良好基础条件。目前，韩国即将启动全国性公共安全专用 LTE 网络的建设，将为公共安全用户提供有力的通信保障。

6.4.1 基础条件

韩国在宽带通信领域具有丰富的政府管理经验、先进的基础设施条件、众多的专业人才以及领先的技术水平，这些优势基础条件有利于韩国实现快速建成世界上第一个全国性公共安全专用LTE网络的目标。国际知名研究机构 ABI Research 研究公司预测，美国、英国和韩国将是首批在 2017 年拥有一个功能齐备的公共安全专用 LTE 网络的三个市场。

首先，韩国多年来一直占据全球网速第一，公用网络基础设施建设水平世界领先。国际电信联盟 2015 年 5 月发布的全球互联网使用报告显示，韩国绝大部分网民的网速已达 10M 或更高，是世界上网速最快的国家。韩国宽带业务之所以能高速发展并迅速普及，主要是由于政府的政策支持和资金投入、狭小的国土面积、相对集中的人口分布、充分竞争的市场以及先进技术创新的支撑等。

其次，韩国政府具有建设宽带通信的丰富经验。韩国政府将宽带网络作为国家战略性产业列入国家规划。2003 年韩国政府制定“IT839 战略规划”，计划逐步发展 FTTX 替代原有的 DSL 网络。2004 年韩国政府提出 6 年期的宽带融合网络(BCN)计划，使最后一

公里全面走向 FTTH。该计划要求投入 8.04 亿美元建设遍及全国的宽带化用户网络，通信、广播和因特网融合的传输网，以及基于宽带融合网络的融合业务。有线用户网计划通过 FTTH、LAN、VDSL、HFC DOCSIS 等实现 50～100Mbps 的带宽，无线网计划通过 HSDPA 和 WiBro 提供平均 1Mbps 的带宽。2009 年 7 月，韩国通信委员会与韩国信息化振兴院发表《千兆互联网促进计划》，旨在于 2012 年以后实现千兆位宽带网商用化。2010 年韩国已基本普及百兆宽带，2015 年韩国的家庭宽带已基本实现全面覆盖，平均网速达到 22.2Mbps，是世界平均值的 5.6 倍，位居全球第一。

第三，韩国政府高度重视通信管理体制的完善。2008 年韩国将广播委员会和信息通信部这两个政府部门合并成韩国广播通信委员会，对宽带网络服务给出明确的管制规定。2009 年 7 月的《千兆互联网促进计划》便是由韩国广播通信委员会与韩国信息化振兴院共同拟定发表。为方便资金技术支持和协调各部门关系，韩国成立总理负责的“国家信息化促进委员会”，指导并制定国家信息化政策和计划。总统是该会议的最高首脑，即城市信息化的指挥、决策和监督人。

第四，三大电信运营商充分竞争，促进了产业发展和技术创新。韩国有三大电信运营商——SK 电讯、韩国电信和 LG U+。韩国有严格的反垄断制度，电信主管部门规定，三家电信运营商的用户占有比例必须基本维持在 5:3:2 的固定比值上。2010 年，韩国政府还引入移动虚拟运营商制度，30 多家企业获发牌照。激烈的行业竞争使很多公司必须提供更快的网速和更低的价格来吸引顾客，有效地促进了基础设施的建设和技术人才的发展。韩国光网技术不断创新，在 2014 年召开的国际电信联盟全权代表大会上，韩国 SK 展示了 10Gbps 光纤接入服务，这意味着万兆光纤“接入寻常百姓家”在韩国将成为现实。

6.4.2 国家规划

2014 年 4 月 16 日，韩国一艘载有 470 人的“世越号”客轮发生沉船事故，其中 304 遇难，大部分遇难者为高中生。在事故发生和救援的过程中，乘客利用商业网络发回了实时视频图像。例如，许多高中生运用 LTE 宽带网络向其父母和好友发布了实时情况。而救援机构却只能利用窄带 LMR 网络，通过语音通信进行指挥，无法在救援机构间共享沉船现场及内部的实时视频。在这次灾难性事故中，由于应急响应机构之间缺乏互操作性、技术落后，因而大大影响了救援工作。

这起令人悲痛的“世越号”客轮沉没事件让韩国关注到建设全国性公共安全专用宽带网络，以满足公共安全机构共享信息、互相沟通的迫切需要。事件发生后，韩国政府总结了相关经验教训，认为建设公共安全宽带专用网络势在必行。2014 年 7 月，韩国政府启动了 SafeNet 项目，通过了在 2017 年以前利用 LTE 技术在全国建设公共安全宽带专用网络的计划。

1. 主管机构

国家安全部宣布将成立一个新机构，负责包括网络安全在内的国家安全事务。在新机构成立之前，韩国安全和公共管理部(MOSPA)将负责监管网络计划。韩国科学、信息和通信技术及未来规划部(MSIP)选定了 LTE 技术，并对频段和构建方法提出了建议。

尽管该计划还没有指明具体的频率，但已要求使用 700MHz 频带中的 20MHz 专用频谱来建设公共安全 LTE 网络，并由韩国安全和公共管理部主管，计划 2015 年建设公共安全宽带集群试验网，2017 年完成全国部署。

这项全国公共安全宽带专用网络计划的目的是要建立一个集成的网络，以支持多种多媒体服务，顺应技术的发展趋势。原则上，

公共安全宽带专用网络将用于传输语音和数据，但在任务关键型的PTT 对讲标准完善之前，通信相关部门正考虑用多种解决方法作为取代任务关键型语音通信服务的临时解决方案。

2. 主要用户

该网络将是一个私营专用网络，服务于警察、消防、海岸警卫队、军队、省行政管理部门、电力、煤气和林业部门的 324 家机构的约 20 万个用户。要求这个公共安全宽带专用(PS-LTE)网络在发生灾难的情况下，能通过高速 LTE 网络在消防部门、警察、救援队以及控制中心等相关政府部门之间快速传输高分辨率照片和视频等多媒体信息，以便为救援行动提供更好的帮助。目前这些任务关键型机构都在使用各自的窄带语音网络。这些网络处于不同的频段上，运用了不同的技术，包括 TETRA、iDEN 等，彼此并不具备互操作性。这就是韩国政府为什么想部署一个全国统一的公共安全专用网络，以便使所有机构都能彼此通信的原因。

预计，韩国公共安全 LTE 专用网络将包括约 1.2 万个基站和将近 20 万个移动终端，用于 8 大强制性领域中的固定移动站、车载无线电通信系统、智能手机和双向无线对讲机。该网络还必须解决不同供应商和传统专有设备(例如 VHF、UHF 与 TETRA 设备)间的互操作性问题。公共安全 LTE 网络的实施必须与铁路和海运 LTE 网络同步进行。目前，韩国已经使用了若干公共安全移动无线电和宽带技术，VHF 占市场的 40.1%，TETRA 占 38.3%，UHF 占 14.0%，iDEN 占 5.1%，WiMAX 占 1.6%。

3. 总体进度

这个国家级公共安全宽带专用移动通信网的建设总投资预计 20 多亿美元，2015 年启动一期，计划在平昌区域建设 205 个基站+5000 部终端，投资 4 千万美元。

韩国政府的主要任务是挑选公司制定信息战略计划(ISP)。ISP的完成日期是2014年10月至2015年3月31日。国家频率警方控制委员会在信息战略计划制定之前分配具体的频率。在还没有明确资金来源之前，政府将全资投资建设网络。

全国公共安全带宽专用网络将逐步覆盖全国，先集中于农村。第一阶段在江原道进行，这是2018年冬季奥林匹克运动会举行的地方。然后将网络从农村扩大到城市。第二阶段将覆盖其他地区，第三阶段将覆盖大城市。农村地区之所以先开始，是因为农村没有统一的通信网络，这一点和已经拥有 TETRA 网络的城市不同。2015年开始安排第一阶段，2016年推进第二阶段，2017年底完成第三阶段。

韩国希望能够与全球合作，实现规模经济，解决公共安全LTE部署中的互操作性、标准化和安全问题。

6.4.3 选定运营商

2015年4月，韩国在3个城市启动了公共安全LTE网络试点计划，选择程序一直持续到2015年底。整个试点计划投资4500万美元。韩国率先在旌善、平昌和钟信市启动试点网络建设计划，包括205个基站和2496台手持设备。试点计划包括对公共安全LTE网络进行测试和验证。韩国的三大移动运营商都对竞标网络建设合同表示出兴趣。

国家公共采购部门——公共采购服务局(PPS)主持运营商选择程序，并发布了需求建议书(RFP)。投标公司需提交包括价格在内的建议书。

2015年10月，韩国选定了两个商业移动运营商，并在全国三个地区启动了公共安全LTE试点建设计划。韩国电信公司(KT)在投标中战胜 SKT，中标包括演进分组核心(EPC)和运营中心在内的主LTE网络，赢得地块1的合同，将在平昌部署公共安全LTE网络。

SKT 中标包括江陵市和旌善郡在内的地块 2 试点计划。从用户数量来说，韩国电信公司是韩国第二大商业无线运营商，而 SKT 拥有韩国最大的无线用户数量。

2015 年 11 月初，韩国安全和公共管理部完成合同签署，试点计划将一直持续至 2016 年 5 月底。从 2015 年初的原定时间表来看，目前试点计划已经推迟。

6.4.4　完成测试

目前，两大合同运营商 SK 电讯(SK Telecom)及其市场竞争者韩国电信最近均已完成 PS-LTE 网络的构建和演示实验工作。全国性 PS-LTE 网络的建设将在 2016 年 10 月启动。

(1) 韩国电信完成 PS-LTE 试验网络的试验

2015 年 10 月，韩国政府选择韩国运营商韩国电信在 2018 年平昌冬奥会举办地江原道建立 PS-LTE 试验网络。该 PS-LTE 试验网络的建立和运营是为 2018 年平昌冬奥会做准备。作为该项目的一部分，韩国电信在位于平昌地区的无线基站建立了运营中心，进行灾害监控，并提供专为 PS-LTE 网络通信而设计的专用手机。

2016 年 6 月 16 日，韩国电信完成 PS-LTE 网络测试的部署和试验。测试期间，韩国电信在电信技术协会及公共安全与保障部的监管下，进行了 500 多项质量鉴定测试，包括控制中心和基站之间的同步，灾害区 37 项电信功能的兼容性等，全部获得通过。韩国电信执行常务副总裁表示，“我们已成功实现 PS-LTE 试验网络，这不仅是政府建立一个全国性公共安全网络的基础，也向全世界展示了我们的领先技术”。“我们将从 2016 年下半年开始运用国内电信行业的先进技术，建立一个全面的全国性 PS-LTE 网络，并着手在全球范围推广技术服务”。

韩国电信积极扩大公共安全网络建设领域。2016 年与韩国国营机构——基础设施安全和技术公司签署合作备忘录，将在大数据、

云计算和物联网等领域联合开发该项目，构建基于物联网的公共安全网络。根据协议条款，韩国电信公司将为该网络构建安全管理基础设施，提供有线和无线通信系统。韩国电信计划为基础设施安全和技术公司的主要管理设施(如隧道和桥梁)提供试用服务。计划在2016年9月选择一两座桥梁进行基于大数据的安全管理系统的试验性测试。随后，公司将在2018年将测试范围扩大到19座桥梁。

(2) SK完成PS-LTE网络的演示

2016年6月22日，韩国运营商SK电讯宣布成功在韩国江原道省演示了公共安全长期演进(PS-LTE)网络。SK电讯表示，已经通过所有功能测试，并获得了公共安全和保障部的批准。此外，SK电讯还构建了移动基站和应急救援系统，以便在网络设施被自然灾害摧毁的情况下提供暂时的网络服务。SK电讯网络业务部门主管表示："SK电讯的灾难网络技术已经得到全球公认，并引起极大关注。英国最大的电信运营商EE公司高管亲自来韩国对该技术进行测试。我们将通过建立和演示网络所获取的经验，不断推广该技术，以便将该技术打入政府正考虑引入PS-LTE技术的市场。"

完成试点计划后，韩国政府将会发布全面的公共安全LTE网络部署需求建议书，将在2016年10月份开始启动全面的全国性PS-LTE网络的主要项目。

6.5 澳大利亚

澳大利亚国土面积761.793万平方公里，四面环海，是世界上唯一一个国土覆盖整个大陆的国家。澳大利亚的历史经验表明，在应对自然灾害、恐怖主义袭击等突发事件时，跨机构的协调和合作至关重要，需要保证公共安全机构和应急响应服务机构之间通信的互操作性。同时，澳大利亚各级政府机构也已认识到，宽带移动通

信可为公共安全机构和应急响应服务机构提供语音之外丰富的数据、视频信息，增强他们的现场事态感知能力，并最大限度地提高工作效率，从而更好地服务和保护公众。然而，目前澳大利亚的大多数公共安全机构使用的仍是运行在 400MHz 频段和 800MHz 频段的窄带移动通信网络，已无法满足日益增长的数据传输需求。为解决这一问题，澳大利亚政府开始发展公共安全宽带移动通信。

6.5.1　历史经验

虽然无线通信网络被认为是公共安全业务的一个基本组成部分，但在过去几十年间，关于自然灾害和其他紧急事件的调查报告都着重指出，该部分仍存在一系列需要解决的问题，包括应急通信系统的不足，以及澳大利亚各行政辖区、公共安全机构之间更大的无线通信互操作性需求(无线通信互操作性指的是公共安全机构在跨机构、跨司法管辖区间的语音通信和数据分享能力)。这些报告都强调自然灾害和其他紧急事件的发生频率呈现上升趋势，而为了保护生命和财产安全，需要行政管辖区、公共安全机构间的联合响应。历史经验表明，澳大利亚需要具有互操作性的公共安全宽带专用移动通信网络，以保障公共安全机构和应急服务机构间的协同工作，并满足高速数据通信的需要。

1. 互操作性的重要性

20 世纪 80 年代，澳大利亚在 480~490 MHz 频段中共建立和分配了 11 个无线信道。然而，根据当时新南威尔士州警察局长助理鲍伯·韦特先生所述，各行政辖区和机构在购买无线电设备或系统时，认为“互操作性需求可能是罕见或遥不可及的”，因而并没有优先解决互操作性需求。

2004 年，澳大利亚建立了执法和安全无线电频谱委员会，旨在研究执法和安全无线电通信的长期战略规划。2008 年，在一份提交

给澳大利亚通信和媒体管理局的频谱改革意见书中，该委员会指出了一些需要解决的关键问题，其中包括：不同频段的使用问题、频率短缺问题、通信容量和覆盖范围的限制问题、干扰问题、互操作性问题以及不断变化的行业标准问题。

继 2002~2003 年严重的火灾多发季节之后，澳大利亚政府理事会于 2005 年发布的一份报告中指出，公共安全机构在森林火灾救援与管理方面存在明显的沟通障碍。澳大利亚政府理事会在该报告中写道，支持将政府无线电通信国家协调委员会(NCCGR)的工作上升为国家战略，以在整个澳大利亚实现应急服务的无线电通信互操作。

2. 宽带数据通信需求

2010 年 11 月至 2011 年 2 月期间，澳大利亚经历了一系列自然灾害，其中昆士兰州遭受了 99%以上的灾难。在 2012 年 3 月的一份报告中，昆士兰州洪水调查委员会指出，消防、救护和警察部门使用的都是独立的无线通信网络，且在救灾期间没有可互操作的无线电通信系统可供使用。此外，委员会还发现无法将 400 MHz 频谱有效应用于数据通信，原因是分配频谱的量太小，难以传输大文件。由于用于传输大文件和用于满足突发性高通信量需求的频谱不足，因此网络变得极为拥塞。委员会得出的结论是，就避免窄带通信拥塞以及协助澳大利亚应急服务组织实现互操作而言，面向澳大利亚应急服务组织的专用宽带频谱分配具有至关重要的作用。

2011 年 11 月，参议院环境和通信指导委员会提出了有关通信网络、应急预警系统的六项建议，其中包括公共保护和救灾(PPDR)专用宽带频谱的足额分配问题。该委员会还建议，必须在考虑澳大利亚应急服务组织之间以及海外应急服务组织之间的互操作性基础上，为 PPDR 应急服务组织分配宽带频谱。

6.5.2　国家规划

2009 年 12 月，澳大利亚政府理事会批准了针对执法和应急服务的《提高政府无线电通信互操作性国家框架》(简称《框架》)。该文件由自然灾害处置工作组与政府无线通信国家协调委员会合作编写而成，为实现到 2020 年提高政府语音和数据无线通信互操作性的目标，提供了一套指导原则，并确定了重点工作领域。该文件的目标是：在 2010~2020 年的 10 年内，争取将所有国内的无线通信设备过渡到具有互操作性的系统、模式和频率。

《框架》提出，互操作性的改进将使政府的无线通信用户实现如下几点：

- 可以更加有效地跨辖区使用设备，从而加强应急服务人员的跨辖区操作，完成快速部署；
- 改善应对日常公共安全事件的响应，例如，建筑物火灾可能需要单个辖区内的多个机构的支持。在警车追击时，若需要越过辖区边界，则可能需要跨辖区的警务援助；
- 实现多机构或跨辖区之间通信的无缝切换，后者通常发生在处理应急事件时期，诸如自然灾害、重大事故、大规模突发事件以及没有太多预先警告的类似事件期间；
- 全国统一规划，可以使用支持改进互操作性的新兴技术。

2011 年，澳大利亚政府理事会批准了《国家灾难恢复战略》，其中概述了一种以应变能力为基础的新式应急管理方法。在已确定的措施中，制定全国性公共安全宽带移动(PSMB)通信能力实施计划则是其中之一，目的在于允许应急服务人员(如警察、消防人员和救护人员)进行通信并实现信息共享。

2012 年 10 月 10 日，公共安全移动宽带指导委员会向警方和应急管理常务理事会提交了《公共安全宽带移动通信国家实施计划》草案，该计划中提及了公共安全机构获得全国互操作公共安全移动

宽带通信能力的最有效途径。

6.5.3 指导机构

2008 年，通过对 400MHz 频段实施的一次广泛审查，澳大利亚通信和媒体管理局对公共安全机构的需求进行了评估。

2011 年 5 月 30 日，澳大利亚政府成立了公共安全移动宽带指导委员会，旨在审查 800MHz 频段频谱用于应急服务宽带应用程序的适用性问题。指导委员会的成员来自各个机构和部门，包括司法部、宽带通信和数字经济部、澳大利亚通信和媒体管理局以及澳大利亚新西兰警务咨询机构的高级官员。其他成员还包括：澳大利亚消防和应急服务机构理事会、救护机构理事会、执法和安全无线电频谱委员会、政府无线电通信国家协调委员会、国家反恐委员会、国家应急管理委员会、警方和应急管理常务理事会警方高级警员小组。该指导委员会的职权详情如下：

- 向联邦、各州及地区部长以及警方和应急管理常务理事会提交一份报告，报告内容针对澳大利亚公共安全机构应采取何种最为高效实用的方法来获得稳定可靠的移动宽带通信能力，从而满足公共安全机构的运行要求，并找出可供分配的频谱；
- 与澳大利亚通信和媒体管理局共同完成 805～890 MHz 频段的审查工作，确定一块大小合适的频段来满足可预见的运行需求。

6.5.4 频谱分配

澳大利亚警察联合会指出，频谱是一种“有限的稀缺资源，为澳大利亚联邦政府全资所有”。西澳大利亚州政府将频谱视为一种“为澳大利亚公民所有的资源”，认为联邦若将可用的频谱以零成本提供给各州及地区作为国家公共安全移动宽带网络使用，将会为澳

大利亚人民带来显著的公共安全利益。

2012 年 12 月 29 日，澳大利亚通信和媒体管理局宣布将 800MHz 频段中的 10MHz(2×5MHz)用作公共安全宽带移动通信。宽带通信和数字经济部于 2012 年 12 月指出，分配给公共安全移动宽带专用的频率范围是 805~820MHz 频段中的一部分频谱，以及搭配 850~870 MHz 频段中的一部分频谱。

此外，结合公共安全移动宽带指导委员会对公共安全机构的需求分析，澳大利亚通信和媒体管理局还宣布，从 4.9GHz 频段(4940~4990MHz 频率范围)提供 50MHz 频谱给公共安全机构。在国际上，这一频谱是由国际电信联盟认可的公共保护和救灾频段。澳大利亚通信和媒体管理局表示，4.9GHz 频段具有极高的容量、短距离覆盖范围、可部署的数据和视频通信(包括用于公共安全移动宽带网络在需求非常高地区的补充容量)。该频段的这些特点表明，其可以支持诸如基于 Wi-Fi 的本地局域网(LAN)、传感器(包括视频)连接和数据卸载等应用程序，以承担公共安全移动宽带网络的局部高容量需求。澳大利亚通信和媒体管理局认为，无论何时何地有容量需求，4.9GHz 频段的 50MHz 频谱将是提供补充性、局部容量的有效方法之一。因此，当有重大事件造成流量激增时，该频段的频谱可用来提供数据漫游功能。

6.5.5　建网模式

鉴于建设一个覆盖全国的专用宽带网络需要庞大的投资，澳大利亚很可能会选择商业网络。2015 年 9 月，澳大利亚生产力委员会发布研究报告《公共安全移动通信》，认为澳大利亚公共安全宽带移动通信的最佳解决方案是采用商业网络。报告分析表明，建设公共安全宽带专用移动通信网络的费用高达 61 亿澳元(约 43 亿美元)，而采用商业网络仅需要 21 亿澳元(约 15 亿美元)，同时还会大大降低运维成本，提高商业竞争环境，有利于进一步降低成本。报告指

出，通过建立试验网络，总结其中的经验，可提高采用商业网络的服务水平，弥补商业网络的不足。报告认为，只有当商业试验网络失败时，才会考虑建设专用网络。

6.5.6 频谱之争

尽管澳大利亚通信和媒体管理局已经在 800MHz 频段分配了 10MHz 专用频谱，并在 4.9GHz 频段分配了 50MHz 供公共安全机构使用，但在公共安全宽带专用频谱分配问题上，澳大利亚各利益相关方一直存在分歧。公共安全机构仍在积极争取在 700MHz 频段直接获取 20MHz 用于建设全国性公共安全宽带移动通信网络。

在澳大利亚，随着模拟电视的工作频率从 700MHz 逐渐转移至其他频带，总共会腾出 126 MHz 的频段。这一部分频段具有良好的传输特性，非常适用于 LTE 技术，因此引起了国内各方的垂涎。拥有 57 000 名成员的澳大利亚警察联合会、各州政府和司法机构自 2011 年起，多次向澳大利亚参议院提交报告，要求从 700MHz 频段中获取 20MHz 频谱，用于建设公共安全宽带移动通信网络。其理由：一是这样进行频谱划分可与亚太地区的频谱计划保持一致，也能与目前部署于澳大利亚国内的 800MHz 窄带网络共存；二是目前绝大多数公共安全宽带设备的研发都针对 700MHz，因此若分配 700MHz 频段，可以很容易地利用这些已有的研发成果。澳大利亚也支持 700MHz 这一建议，该组织认为这样做可以通过规模化建设来降低网络建设成本，并提高与亚太地区其他国家的互操作性。

澳大利亚通信和媒体管理局则认为，鉴于国际电信联盟已将 806~824MHz 和 851~869MHz 频段分配用于亚太地区公共安全和救灾之需，如果将 700MHz 频段用于专业宽带网络，会将澳大利亚公共安全业务孤立在亚太地区之外，并妨碍商业移动电信行业发展利用 4G 的能力。同时，10MHz 频谱已能满足公共安全机构的日常任

务所需。

2013 年 7 月，澳大利亚联邦议会联合执法委员会在其发布的《公共安全移动宽带频谱》报告中，比较了 700MHz 与 800MHz 在技术、成本和经济规模、风险因素等问题上的区别，并在考虑公共安全机构的意愿后，认为应在 700MHz 频段为公共安全机构分配用于建设全国互操作性公共安全移动宽带网络的 20MHz 频谱。该委员会还建议政府效仿美国，直接从频谱拍卖的收益中拿出部分资金，为在 700MHz 频段中分配 20MHz 频谱建设全国性的公共安全移动宽带网络提供资金支持。

2015 年 4 月 20 日，澳大利亚生产力委员会开展了公共安全宽带移动通信最佳实施路径研究。在开始阶段，广泛收集了澳大利亚各相关利益方的意见和建议。据澳大利亚警察联合会表示，有 20 多个团体在提交给生产力委员会的文件中表示，支持重新向公共安全机构分配 700MHz 取代 800MHz 频谱，来建设公共安全宽带移动通信网络。

6.6　芬兰

20 世纪 80 年代末，芬兰开启了提升公共安全通信效率和服务水平的进程。直至 2000 年，从社会服务到国防军事的所有机构皆能使用同一个全国性专用 TETRA 网络——VIRVE，以提供语音和信息传输服务。VIRVE 网络运营商隶属于政府所有的国家安全网络集团，其职能是在任何条件下保证政府在芬兰社会和信息社会服务中的重要领导作用。除了群呼和关键型语音通信以外，报警、定位和数据通信服务也运行在窄带 TETRA 网络上。这种集所有功能于单一网络，所有关键型语音和数据通信于单一设备的模式，产生了一种非常有效的可执行标准。铁路部门目前正考虑从其专用的 GSM-R

语音网络转移到VIRVE网络。

虽然VIRVE网络的效果很好，用户的满意度也较高，但未来的实际情形并不会保持一成不变的状态。VIRVE网络尽管获得了极大进步，却还有更多的需求亟待解决，诸多欧洲国家也面临着同样的情况。虽然全国性的专用数字窄带通信网络实现了所设定的预期目标，但在很多情况下仍存有一定局限性。专业用户对高速宽带数据服务的需求是显而易见的。

6.6.1　混合网络

目前，芬兰已经明确了推动公共安全通信管理进行重新设计的三种趋势。

第一种趋势是信息的传播方式有所改变。近年来，受互联网和移动通信发展的影响，信息的传播方式已发生了巨大变化。通信方式比以往任何时候都要更加灵活多变。这为公共安全机构发展新的工作方式提供了巨大机遇。

第二种趋势是农村地区人口的减少。目前，芬兰全国80%的人口居住在20%的地区内。由于城市地区的高通信容量需求和农村地区的高成本问题，给公共安全服务带来很大压力，过去的工作方法已无法承受这种压力，因此必须谋求更高效率。

第三种趋势是通信网络脆弱性的增长。原因在于当前通信网络对信息网络、电力供应和全球事件等前所未有的依赖性。人为错误和网络攻击可以导致社会失去平衡。因此，只对公共安全通信网络提供保障还远远不够，很多关键基础设施都需要包括在内。在未来的社会中，不能再采取以往的独自管理模式。

针对上述发展趋势，芬兰的TETRA运营商VIRVE给出了提供关键型语音和宽带数据通信所需的五步方案，未来数据的传输将采用由政府管控的专用和商用长期演进混合网络模式，预计该混合网络将于2030年建成。

芬兰的研究指出，为公共安全用户建立一个宽带通信网络的最经济解决方案是：以实现有效的覆盖范围为前提，在人口密集的事件高发区域采用以专用网络为基础的混合网络，在人口稀少的地区则依靠商业网络。这里所指的经济价值取决于因采用专网而额外援救的人员数目。举例来说，在农村边远地区建设专用宽带网络对提高整个国家安全的效果是可以忽略不计的。在实践中，建议在城市地区以及沿主要高速路建设专用宽带网络。对于仍需要考虑覆盖范围的偏远地区，则建设这样一个网络对于任何一个运营商来说都是不合算的，采用共享的宽带基站实现大的覆盖范围显然更加合适。

该解决方案的最大优点就是可以根据规模和资金情况灵活地建设网络。当资金充足或对专网的需求非常大时，专用网络的建设速度就会更快。而在财政预算紧张的年份里，可以适当减缓全国性专用宽带网络的扩建速度，转而更多地使用商业网络。

6.6.2　演进方案

未来的一个明确目标就是通过使用宽带技术实现关键型语音和数据通信服务。由 TETRA 到宽带网络的过渡时间段开始于通过长期演进技术，在未来十年的早期阶段实现关键型语音通信服务，结束于当前的 TETRA 网络达到使用年限——可能是 2030~2035 年间的某个时间(见图 6-8)。部署覆盖全国的 TETRA 网络已经耗费了数年时间，而到所有独立的模拟系统被关闭为止还需要更长的时间。因此，由窄带 TETRA 和 LTE 宽带构成的并行网络在很长一段时间内必须转变为一种资产，而不是一种负担。若能在五步演化发展方案中同时使用最好的两种技术，则应该可以实现这一目标。

第一步，设立一家数据移动虚拟网络运营商(MVNO)，以解决日渐增加的数据通信需求。这将通过扩大用户群和服务配置系统来实现，从而实现在宽带网络上为用户服务。在初始阶段，用户可以使用购买的用户身份识别模块(SIM)卡，但最终在第二步中将在 LTE 核心网中拥有和控制用户的权限。

第二步，在窄带网络中运行关键型语音和短数据通信功能，在商用宽带网络中运行高速非关键型(但安全的)数据通信功能。

第三步，选择热点地区部署专用的宽带无线接入网，扩展专用宽带 LTE 核心网，提供关键型数据通信服务。

第四步，一旦基于 LTE 标准化的关键型语音通信功能准备就绪，TETRA 供应商将在 TETRA 一方支持基于 LTE 的群呼服务，那么这两个网络就可以连接起来。通过这种方式，先前在 TETRA 的集群通信功能(如呼叫优先级功能)上所耗费的大量投入就可以被利用起来。然后，同样的语音服务就能在窄带和宽带上同时得以实现：专用网络提供关键型通信服务，商用网络提供其所能够达到级别的服务。

第五步，一旦宽带服务的可用性和可靠性能够满足公共安全的需求，则取消 TETRA 的无线接入。但在某些地区，尤其是大多数的农村地区，窄带网络的停用可能会等到备用配件耗尽之时。

在实施这五步方案的过程中，窄带 TETRA 网络将转变为 TETRA 关键型语音通信服务的服务器；网络运营商可以学习和了解宽带网络的运行模式；用户将能够使用高速数据服务，不仅可以从数据通信应用中受益，还能衍生出以信息为中心的新工作方式。

芬兰内政部救援局副局长、VIRVE 指导委员会主席认为：“如果没有 VIRVE，我们将无法知道我们当前所处的位置——关键型宽带通信网络将引领我们来到想去的地方”。

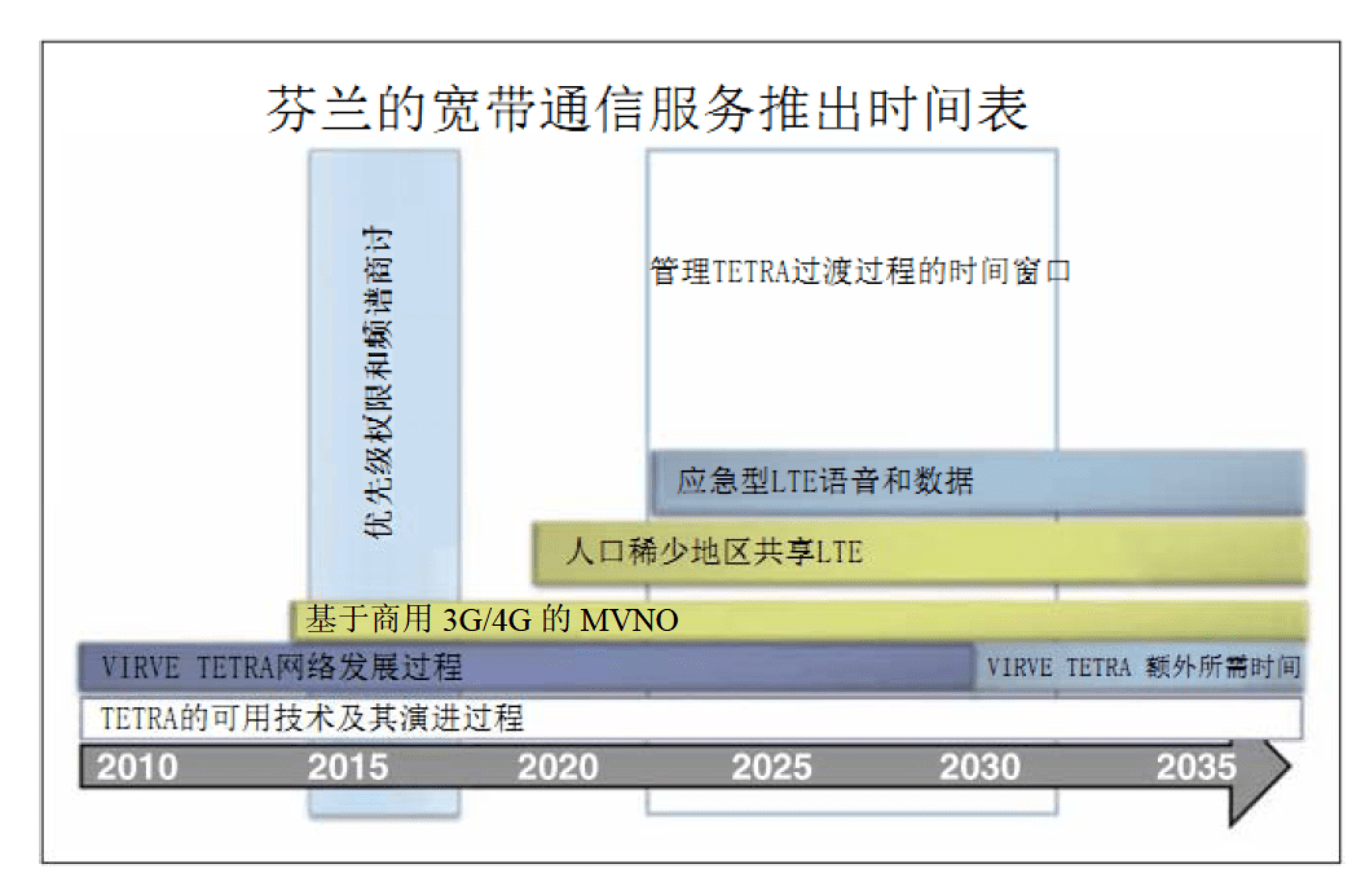


图 6-8 宽带专用移动通信演进时间表

6.6.3 先决条件

迈入关键型宽带通信时代需要具备诸多先决条件，其中包括技术、频谱，同时，所使用的商业网络的可用性和可靠性也必须有所提高。

从现有窄带网络开始向宽带网络过渡之前，必须有能够满足关键型通信苛刻要求的技术。人们对 LTE 标准化寄予了厚望，但是在未来十年内，关键型公共安全等级语音服务可能仍无法出现多供应商供应的局面。

若要部署一种无线电技术，则必须具备可用的频谱。由于频谱资源一直处于短缺状态，因此它是非常宝贵的国家资产。美国和韩国已将 700MHz 频段选定为公共安全数据传输专用频段。在欧洲，由于数字红利的存在，类似的频段也还留有一定的使用机会。虽然人们期待能有新的可用频谱分配给通信网络使用，但针对公共安全需求的频谱之争仍未取得最终胜利。在这方面，芬兰必须通过与其

他欧盟国家协调来构建足够大的市场规模，以提高经济效益。

混合网络解决方案旨在从商业宽带网络中获益。然而，若想充分利用商业宽带网络，混合网络必须满足应用部门的基本要求。例如，除要提高网络可用性和可靠性之外，在任何时候都必须确保用户具有优先接入权。此外，它还需要支持关键型通信功能，并完善相关标准。证据表明，为公共安全客户提供服务对商业运营商而言并非有利可图的市场，因此，最可能也最有效的做法是将这些用户部门的要求纳入到频谱使用许可条款中。

一旦决定采取上述的五步方案，并分配足够的频谱，芬兰在未来十年内就可以根据所提供的资金逐步建设关键型宽带通信网络，并且在从 TETRA 窄带网络过渡至宽带网络的过程中具有很好的灵活性。

芬兰政府的首要任务是要确保在统一的频段上分配专用频谱。此外，在分配商用频谱时应将关键型通信应用部门的要求纳入频谱使用条款中。政府还应尽一切努力支持国际公共安全团体进行关键型 LTE 标准化工作和市场培育，以确保未来技术的可用性。目前，芬兰将首先通过移动虚拟网络运营商为用户提供非关键型宽带数据服务，从而促进技术研发，并从中获得网络运营经验。此外，VIRVE TETRA 网络仍需要进行很好的维护，除提供额外的服务、功能外，还应确保具有适当数量的用户群体。

6.7 其他国家

6.7.1 加拿大

加拿大公共安全通信系统的发展具有一个典型特点，即往往会采用与美国一致的频谱计划、设备规格等。其原因主要是美国专业通信市场广阔，有大量低成本设备可供选择，可以降低网络建设和

终端设备的成本。此外，美加两国专业通信在边境地区设备亦需要能够实现互操作，实现跨境漫游。如果加拿大频率划分情况与美国一致，那么跨境频率协调工作将得到简化。因此，加拿大在公共安全窄带、宽带移动通信的发展建设方面，一直都在紧密跟随美国的脚步，积极效仿美国的做法。

加拿大政府官员表示，用于消防、警察和急救的通信工具限制了其在紧急情况下相互交换信息和跨辖区交流的能力。政府正致力于与各省、地区、市和公共安全社区合作，使急救人员能够获得最新的通信技术。2012 年 3 月，加拿大政府正式决定将 PSBB Block，即 763~768MHz 与 793~798 MHz 频段，分配 10MHz 频谱用于国内公共安全宽带业务之需，并计划在 700MHz 频段再分配 10MHz 频谱，总共 20M 供公共安全宽带网络使用。2015 年，加拿大发布了《2015 年经济行动计划》，为公共安全宽带网络提供 300 万加元(约 250 万美元)。该资金将用于建设一个实验网络，以展示公共安全宽带网络的应用效果，而相关建设工作将于 2016~2017 年启动。

根据加拿大政府的规划，随着模拟电视向数字电视的逐渐过渡，700MHz 附近的频段会得到腾空与释放，产生所谓的“数字红利”。鉴于该频段的诸多优异性质，商业网络运营商与公共安全机构等对其产生了浓厚兴趣。加拿大工业部曾于 2010 年发布了第 SMSE-018-10 号公报——《关于 700MHz 频带政策与技术框架以及商业移动频谱相关事务的咨询》，就 698~806MHz 频段的政策与技术框架向各方征求了意见。加拿大工业部在 2012 年发布的第 SMSE-002-12 号公报——《政策与技术框架：移动宽带无线电业务——700MHz 频带与宽带无线电业务——2500MHz 频带》中，总结其收到的各方意见如下。

- 在所收到的反馈意见中，只要是涉及公共安全问题的，大多数都支持立即分配 5+5MHz 的频段用于满足公共安全宽带业务需求。

- 涉及 D Block 的问题时，意见分歧较大。公共安全机构与各省机构等几乎一致建议将此频段分配给公共安全机构。对于商业网络运营商而言，较小的运营商普遍支持将 D Block 拍卖用于商业用途；在较大的运营商中，只有 SaskTel 支持将其分配给公共安全机构，而 Bell、TELUS 等则建议就该频段的分配问题展开进一步咨询。其他运营商也另有不同观点。
- 公共安全机构支持将 700MHz 频段中的 10+10MHz 分配用于公共安全宽带业务之需，认为这是部署一个全国性公共安全宽带网络，满足不断增长的移动数据通信需求的必要条件。

充分考虑上述意见后，加拿大工业部认为：

- 700MHz 公共安全宽带网络可以使加拿大公共安全机构在应对紧急情况时的响应得到更好的协调；与美国使用一致的 PSBB Block，即 763~768MHz 与 793~798MHz 频段，能降低设备使用成本并实现加美两国的跨境互操作性。此外，国内绝大多数利益相关者也支持将这一频段分配给公共安全业务。
- 关于 D Block 的使用，大多数人强调要与美国保持一致，但目前分歧较大。公共安全机构支持将其分配给公共安全之需，而商业网络运营商则认为要等到美国的决策出台后再说，有的还提出展开进一步的咨询。
- 从技术角度看，如果加美两国的公共安全机构所获频谱大小不同，两者之间的互操作性不会受到影响，因为通过软件配置，通信设备既能支持 5+5MHz 又能支持 10+10MHz 频段。

最终，加拿大工业部决定：

- 将 763~768MHz 与 793~798MHz 频段分配用于公共安全宽带无线业务之需；

- 将就 D Block(758~763MHz 与 788~793MHz)频段的用途展开单独的咨询后再做决定；
- 在新的咨询中，还会关注有关公共安全 700MHz 宽带频谱的技术、运营和许可方面的问题。

此外，加拿大除了早已为窄带语音通信业务划分充足的频谱资源之外，还于 2006 年将 4.9GHz 频段分配用于公共安全宽带移动、固定通信业务。

6.7.2　法国

目前，法国公共安全专业移动通信网络都是基于 TETRAPOL 技术标准的窄带数字集群通信网络。鉴于法国公共安全领域对专业宽带移动通信的需求日趋强烈，主管当局和业内人士都在研究如何在现有网络的基础上逐步向宽带演进的问题。2016 年，法国终于解决了公共安全宽带网络专用频谱问题，分配了两组专用频谱，分别是 698～703MHz、753～758MHz 的 2×5MHz，以及 733～736MHz、788～791MHz 的 2×3MHz，共计 14MHz(新的频谱分配方案将于 2019 年 7 月正式生效)，并计划采用 LTE 技术建设公共安全宽带专用移动通信网络。

此前，在 2011 年，法国首先对公共安全宽带通信专用频谱需求情况进行了调研。法国电信主管机构文化与通讯部、法国经济工业部联合委托两个著名咨询机构 TERA Consultants 和 ON-X 公司，对在广播电视、电子通信、公共安全服务三个领域至 2020 年的频谱需求进行展望分析。这两家咨询机构在调查访问了大量相关机构、企业负责人和专家的基础上，于 2011 年 9 月向政府提交了《法国至 2020 年的频谱需求研究报告》。该研究报告对法国公共安全服务领域的宽带移动通信应用发展和频谱需求进行了明确阐述。预测至 2020 年，除了现有的必须保留的窄带频谱资源以外，内政部公共安全宽带专用移动通信网络对频谱资源的整体需求达到 2×5 MHz。如

果考虑在2025年以后公共安全领域的两大专网INPT网络和RUBIS网络合二为一，则需要2×10MHz的频谱。

2012年10月，法国电信资源主管机构——电子通信与邮政监管局(ARCEP)在其互联网主页上公布了名为《专业移动网络现状与未来频谱需求》的征求意见稿，就PMR网络的发展问题向公众征求意见。该文件对全国目前运行的PMR网络现状以及未来发展进行了较详细的分析。指出，包括公共安全专业移动通信网络在内的PMR网络目前仍然是窄带网络，公共安全专业移动通信网络运行所用的400MHz频段已经饱和，在400MHz频段无法分配足够的宽带专用频谱。

与此同时，法国内政部联合著名通信技术开发企业，在专业移动通信窄带网络向宽带网络演进方面进行了许多有益的尝试。在2013年2月底，欧宇航集团(EADS)的子公司——法国Cassidian公司在其组织召开的全球安全通信网络用户和运营商大会上，联合法国内政部进行了全球第一个400MHz TETRAPOL数字集群网络与4G LTE技术相结合的移动宽带服务试验。来自全球200多个公共安全和其他用户组织的高管们、合作伙伴们共同见证和体验了戛纳市与图尔市之间的双向视频直播。在这次试验中，欧洲宇航Cassidian公司采用支持TETRAPOL和LTE的双模基站，利用现有的网络站点和频段，以安全并具有成本效益的方式将新的4G移动宽带功能添加到现有的TETRAPOL网络上。这使关键任务通信的应用更具特色，包括在配备了摄像头的车辆和指挥中心之间实时传输视频。两个400MHz基站部署在图尔市TETRAPOL网络的两个站点。

在公共安全宽带专用移动通信网络采用何种技术的问题上，法国内政部表示，尽管在如何发展公共安全宽带专用网络的细节方面还存在很多争议，但是，要把握的基本原理就是要从商业LTE生态系统中获益。为此，法国选择LTE技术来建设公共安全宽带专用移动通信网络，未来LTE技术将能够满足公共安全机构宽带应用的

要求。

目前，法国主要有两个公共安全移动通信窄带网络，分别是 RUBIS 和 INPT，均采用了 TETRAPOL 技术。其中 RUBIS 为国家宪兵专用移动通信网络，运行于 80MHz 频段；INPT 为警察和消防员共享国家广播基础设施，运行于 400MHz 频段。两个网络共享一些架构单元。法国政府认为 700MHz 不能满足公共安全宽带网络覆盖全国的需求，将会在 400MHz 频段中再分配一定的频谱，以达到与 TETRAPOL 网络相同的覆盖范围和区域，同时还可降低 700MHz 频段建网成本。

6.8　发展趋势

综上所述，各国均在根据本国的实际情况，选择适合本国国情的公共安全宽带移动通信网络建设模式。通过对国外公共安全通信发展现状和国际行业组织发布的研究报告进行研究分析，结果表明，世界各国政府均十分重视公共安全专用移动通信的发展和应用，注重顶层设计及规划，一些国家已经成立了专门机构负责本国的公共安全宽带专用移动通信网络的建设，或持续研究适合本国的解决方案，如美国第一响应人员网络管理局、澳大利亚的公共安全移动宽带指导委员会等。各国在对本国实际应用需求和频谱分配现状进行充分调研的基础上，优化频谱分配方案，并结合短期及中长期发展规划，选择符合本国国情的公共安全宽带专用移动通信解决方案。未来，世界公共安全专用通信发展将呈现以下几个特点：

- 对于公共安全窄带通信网络已经十分完善的国家，将重点发展公共安全宽带移动通信网络，并根据本国实际情况，例如需求、频谱、资金，选择合适的解决方案(专用、商用或混合解决方案)。

- 对于公共安全窄带通信网络还未完善的国家，将持续投入窄带网络建设，并加快研究本国公共安全宽带网络发展规划。关键任务语音通信仍是公共安全最基本的需求。
- 未来 5~10 年内，公共安全通信应用技术的重点将是宽窄带融合，宽带网络和窄带网络是互相补充，而不是相互独立。公共安全宽带多媒体应用将得到持续发展。
- 当宽带网络能够完全支持关键任务全业务以及全地理覆盖时，公共安全机构才能真正依靠宽带网络，但只有满足一定条件并解决众多问题后才能实现。

参考文献

[1] National Coordinating Committee for Government Radio communications, An Introduction, 2011

[2] Spectrum is described as the 'waves' of electric and magnetic energy moving together through space. Fact sheet 1: Introduction to spectrum management, 2012

[3] Mr Bob Waites, Assistant Commissioner, NSW Police Force, RadComms Conference Melbourne, 2008

[4] Council of Australian Governments, National Inquiry on Bushfire Mitigation and Management, 2004

[5] Council of Australian Governments, National Inquiry on Bushfire Mitigation and Management, 31 March 2004, pp xv and xxvii

[6] Senate Environment and Communications References Committee, The capacity of communication networks and emergency warning systems to deal with emergencies and natural disasters, November 2011, Recommendation 2, p. vii

[7] Natural Disaster Arrangements Working Group, National Framework to Improve Government Radio communications Interoperability. Towards a harmonized radio communications environment for public protection and disaster relief 2010–2020, p. 1
[8] Council of Australian Governments, National Security and Community Safety, http://www.coag.gov.au/national_security_and_community_safety
[9] Department of Broadband, Communications and the Digital Economy, Fact sheet 2: Public safety mobile broadband capability—process overview, 2012
[10] Australian Communications and Media Authority, Principles for spectrum management
[11] Australian Communications and Media Authority, Spectrum for public safety radio communications, Current ACMA initiatives and decisions, 2012
[12] Australian Communications and Media Authority, Spectrum for public safety radio communications, Media Release, 2012
[13] Australian Communications and Media Authority, Spectrum for public safety radio communications, Current ACMA initiatives and decisions, 2012
[14] Police Federation of Australia, Police Federation of Australia Calls for Dedicated Spectrum in the 700MHz Band, 2011
[15] Parliamentary Joint Committee on Law Enforcement，Spectrum for public safety mobile broadband, 2013
[16] ITU-R M.2291 报告《使用 IMT 部署宽带公共保护和救灾应用》，2013
[17] ITU-R M.2009 建议书《根据第 646 号决议部分处于 UHF 频段的公共保护和救灾操作的无线接口标准》，2015

[18] ITU-R M.2015 建议书《根据 646 号决议(WRC-12 修订版)在 UHF 频段分配公共保护和救灾无线通信系统频谱》，2015
[19] ITU-R M.2377 报告《公共保护和救灾无线通信需求与目标》，2015
[20] ECC 第 199 号报告《未来欧洲宽带 PPDR 系统的用户需求和频谱需求》，2013
[21] ECC 第 218 号报告《为实施未来欧洲宽带 PPDR 系统而统一的条件和频段》，2015
[22] http://www.sec-salus.eu/，SALUS 项目网站
[23] NPSTC 报告《公共安全 700MHz 宽带需求》，2015
[24] NPSTC 报告《700MHz 公共安全工作组报告和建议》，2009
[25] NPSTC 第一版《国家公共安全宽带网络的优先级和 QoS》报告，2012
[26] NPSTC 报告《公共安全通信评估(2012~2022 年)技术、运行及频谱路线图》，2012
[27] NPSTC 报告《应用案例&公共安全多媒体应急服务需求》，2012
[28] NPSTC 报告《公共安全宽带高级启动需求——FirstNet 要考虑的需求阐述》，2012
[29] NPSTC 报告《T-频段报告(470~512MHz)》，2013
[30] NPSTC 报告《公共安全宽带 LTE 按键通(PTT)需求》，2013
[31] NPSTC 报告《4.9GHz 全国计划建议》，2013
[32] NPSTC 报告《定义公共安全级系统与设施》，2014
[33] NPSTC 报告《公共安全宽带控制台要求》，2014
[34] NPSTC 报告《跨边境通信报告——边境区域应急响应人员的障碍、机遇和解决方案》，2015
[35] NPSTC 报告《FirstNet 与下一代 911 系统和功能概述》，2015
[36] NPSTC 新版报告《全国公共安全宽带网络优先级和 QoS》，2015
[37] NPSTC 报告《700MHz 全国部署集群解决方案》，2015

[38] TCCA 白皮书《任务关键型移动宽带通信——切合实际的标准化及对路线图的考虑》，2013
[39] TCCA 白皮书《任务关键型移动宽带战略案例——关键通信用户未来需求综述》，2013
[40] TCCA 白皮书《面向关键通信用户的宽带移动通信解决方案综述》，2013
[41] TCCA 白皮书《TETRA 和 LTE 协同工作》，2014
[42] TCCA 白皮书《面向关键通信市场的 TETRA、LTE 和其他宽带技术相对优点研究》，2015

第 7 章　我国发展现状与趋势

公安无线通信是公安工作最基本的科技需求之一，是提高公安战斗力的要素。我国各级公安机关一直高度重视，把公安无线通信作为科技强警的重要组成部分，纳入公安信息化建设和技术装备规划，不断加大投入。目前，我国正在积极推进基于 PDT 标准的全国性公安专用窄带数字集群通信系统的建设，预计将于“十三五”期间建成无线通信指挥的“全国一张网”。在公安宽带专用移动通信发展上，由于目前宽带集群技术尚未完全成熟，同时建设宽带网络需要从成本、运维、频谱资源等多个方面进行全方位的考虑，因此，公安机关目前正在加强需求调研、跟踪技术发展，结合自身条件，积极稳妥地开展公安无线宽带系统建设试点，积累经验，同时探索宽窄带融合的建设模式。

尽管在宽带专用移动通信网络的建设上，我们仍处于摸索、研究阶段。但从 2006 年开始，宽带专用移动通信系统的研究就被列为《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006 宽带专用移动年)》中确定的 16 个重大科技专项之一的“新一代宽带无线移动通信网”课题中的主要研究方向。2011 年，在我国“十二五”科技重大专项经费的资助下，国内宽带无线通信产业链上的产、学、研、用各环节开始实施宽带无线多媒体集群整体规划，结合数年的集群通信网络的研究积累，总结过往实践经验，了解国内外集群发展趋势与需求，以打造宽带无线多媒体集群系统、制定国际化宽带无线多媒体集群

系统标准为目标，研发宽带无线多媒体集群系统创新技术，将要实现一个多业务的大带宽、高可靠性、高安全性、高传输速率的无线集群网络，服务于公共安全、公共事业、交通运输、商业、应急通信、急救中心、赛事活动等诸多领域。在此项目的带动下，我国也开始着手研究适合中国国情的宽带专用移动通信技术。

目前，我国自主研发的 B-TrunC 标准已经成为国际电信联盟 M.2009 建议书推荐的宽带集群空中接口标准，是具有我国自主知识产权的核心技术，形成可控、可管的宽带专用移动通信系统。

7.1 概述

公安无线通信经过几十年的发展，目前建成了全国最大、覆盖最广的专业无线通信网络，初步实现了从模拟向数字、从常规向集群、从单一语音通信向语音、图像和数据多业务、综合性移动通信平台的革新，无线网络覆盖率、民警手持对讲机和移动警务终端配备率大幅度提高。据统计，目前全国共建基站 1 万余个，配备终端 125.8 万余部，在线运行移动警务系统近 200 套，开发移动警务应用 1000 余个，配备各类移动终端 65 万余部、340 MHz 无线图传基站 1400 余个、图传车 1800 余台、单兵 1300 余部，3G/4G 移动图传系统 9200 余台套。

但是，在窄带数字集群通信的发展上，受大环境影响，长期完全依赖国外标准和产品，如模拟MPT1327、TETRA标准等，公安通信指挥一直存在安全保密的隐患。因此，公安部党委高度重视数字化通信技术发展给我们带来的机遇，2010年5月，当时的主管部领导就提出警用数字集群通信系统建设很重要，要着眼长远，认真研究，积极推进。2008年8月，在当时的公安部信通局主导下，国内多家专业数字集群领域的厂家成立了警用数字集群通信技术发展联盟，致

力于开发具有我国自主知识产权的数字集群通信。2014年，公安部将具有自主知识产权的PDT标准确定为公安警用数字集群唯一标准，标志着我国公安专用移动通信网络正式走上全面国产化发展道路。截至2016年10月13日，最后一项PDT公安行业标准——《警用数字集群(PDT)通信系统设备功能测试方法》送审稿正式通过公安部通信标准化委员会的审查，进入报批阶段，2016年底前正式发布。该标准的通过标志着PDT公安行业系列标准全部推出，将对全国PDT系统的建设起到全面支撑作用。

由于 PDT 采用的是窄带集群技术，只能传输语音和短数据，无法满足一线公安干警对多媒体通信的需求，因此建设公安宽带专用移动通信系统，无疑可以有效提升公共安全管理水平和应急指挥调度能力，提高移动执法和协同办公效率，在快速、有效地处置重大事件方面将发挥基础性的关键作用。但建设这样一张覆盖全国或者主要地区和城市的网络面临很多巨大的挑战。一方面基于现有宽带无线通信技术，建设这样的网络投资规模将十分巨大，由单独部门承担较困难。另一方面，无线频率资源稀缺导致公安无线宽带网络规划和建设更加复杂。建网后如何运行维护也是需要协调处理的复杂问题。因此，公安机关目前并没有急于大规模建设宽带专用移动通信网络，而是处于经验积累和探索阶段。

7.2　公安无线通信发展历程

我国的无线通信网的建设是由专网起步的，作为最主要的专网用户，公安无线通信发展已经走过了 30 多年的历程：

20 世纪 80 年代初期，公安部门开始使用 150MHz 常规移动通信。1984 年公安部引进了 450MHz 的爱立信移动电话系统。

90 年代初期，公安部开始使用 350MHz 频段，并采用 MPT1327

作为公安部的模拟集群标准。1995 年建成第一套 MPT1327 模拟集群通信系统。经过近 20 年的建设，我国公安已经成为全世界最大规模的 MPT1327 无线专网。模拟集群系统大大提升了公安部门的应急通信能力，对讲机也成为单警配备的必选装备。

2004 年，公安部颁布了公安行业数字集群系统标准(TETRA)。

2005 年，第一套公安使用的 800MHz TETRA 在上海市公安局建成。

2006 年，在深圳完成了对 Motorola 和 EADS 公司 350MHz TETRA 集群系统的测试。

2008 年 11 月，工信部发布“工信部无[2008]333 号”文件，规定专用移动无线视频传输系统使用频率，340MHz 无线单兵和车载图像传输系统也开始装备，同年第一套 350MHz TETRA 系统在北京边检总站建成，公安部开始制定新的警用数字集群(PDT)标准。

2013 年 3 月，四项 PDT 公安行业标准正式发布，并开始在新疆、黑龙江和贵州等地开设试点建设。

2014 年 6 月，公安部正式废止了原有的 TETRA 标准。

2016 年底，其余六项 PDT 标准全部发布，全国公安 PDT 网络建设全面展开，“十三五”期间将建成全国联网的 PDT 系统。

7.3 标准化工作

7.3.1 B-TrunC 标准

宽带集群通信(B-TrunC)是由中国宽带集群产业联盟组织制定的基于 TD-LTE 的“LTE 数字传输＋集群语音通信”专网宽带集群系统标准。

2012 年 11 月，中国通信标准化协会(CCSA)正式立项并启动。B-TrunC Rel.1 作为第一个标准版本，定位本地组网，在兼容 3GPP

LTE R9 的基础上，支持宽带数据业务，同时增强语音集群调度、短消息、多媒体集群调度业务，开放了终端(包括无线终端、调度台)与系统的接口，规范了终端与系统跨设备商的互联互通接口和功能性能要求。B-TrunC Release 1 技术标准于 2013～2014 年完成并陆续发布，包括总体技术要求、接口技术要求、设备技术要求和相关测试方法共 16 项标准。B-TrunC Release1 在保证兼容 LTE 数据业务的基础上，增强了宽带集群业务功能，具有灵活带宽、高频谱效率、低时延、高可靠性的特征，能够满足专业用户对语音集群、宽带数据、应急指挥调度等方面的要求。

目前正在制定 B-TrunC Release 2 标准，在兼容 B-TrunC Rel.1 的基础上，支持区域和全国性大规模组网的切换和漫游，开放了核心网之间、核心网到基站之间的接口协议。此外，B-TrunC Rel.2 还支持政务、轨道交通、铁路等行业宽带集群调度的新业务功能，进一步增强了安全机制，并通过开放的核心网接口支持与窄带数字集群通信、PSTN、公众蜂窝移动通信网的互通。该版本标准计划于 2016 年底制定完成。

B-TrunC 标准于 2014 年 11 月成为国际电信联盟无线局推荐的 PPDR(公共保护与救灾)宽带集群空中接口标准。这是中国宽带集群通信标准首次被国际电信联盟的 PPDR 建议书采纳成为国际标准。B-TrunC 成为标准后，加速了整个 LTE 宽带集群产业链的商用进程，有利于设备制造商、终端厂商、集成商、行业用户依据统一的集群标准进行相应的开发及测试工作。而 B-TrunC 产业联盟的成立和多个城市宽带集群网络的建设，标志着 B-TrunC 产业链逐步走向成熟。遵从协议标准的 LTE 集群产品与解决方案将具有更强的市场竞争力，有利于在行业市场的快速突破和规模商用，LTE 宽带集群市场将迎来井喷式发展。

截至 2016 年 6 月，已有信威、鼎桥、华为、中兴高达、普天共五家设备商推出了 B-TrunC 产品，设备种类有：网络设备、手持

终端设备、车载终端设备和调度台设备，其中已有 19 款 B-TrunC Rel.1 产品通过了联盟的单系统测试认证。2015 年 11 月到 2016 年 8 月，联盟已开展鼎桥、中兴高达、信威、华为、普天等五家主要设备商的网络设备和手持终端设备之间的互操作测试，目前已完成调测并认证通过。这标志着不同厂商设备之间的互联互通已经实现，是 B-TrunC 产业发展的又一个里程碑。

B-TrunC 宽带集群是集支持宽带数据传输及语音、数据、视频等多媒体集群调度应用业务于一体的专网无线技术，在业务、功能和性能上具有以下典型技术特征。

(1) 业务特征

语音业务：宽带集群 B-TrunC 系统在语音业务方面要做到“一呼百应”，具有快速指挥调度能力，实现单呼、组呼、全呼、广播呼叫、紧急呼叫、优先级呼叫、调度台核查呼叫。此外，宽带集群 B-TrunC 系统还需要实现与 PSTN、蜂窝移动通信网络以及其他数字集群通信系统(如 TETRA、PDT 等)的互联呼叫。

数据业务：宽带集群 B-TrunC 系统不仅要承载尽力而为(Best Effort)类数据业务，还要承载实时控制类数据业务，以实现数据调度功能。例如，在指挥调度过程中，用户可以通过手持终端接收、发送和查询业务相关数据。由于实时控制类数据业务对时延和可靠性要求很高，因此在进行系统设计时需要提供强有力的 QoS 保证。

视频业务：行业人员利用集群通信系统进行指挥调度的过程中，不仅要“听得到”，还要“看得到”，宽带集群 B-TrunC 系统要承载各种交互型视频业务，包括现场图像上传、视频通话、视频回传、视频监控等。因此，在进行宽带集群 B-TrunC 系统的设计时要充分考虑视频编解码、视频传输与无线资源管理三者之间的协调。

(2) 功能特征

多业务融合：新时期无线技术与应用互相促进，集群通信的需求从语音发展到数据，进而有“百闻不如一见”的视频要求，甚至

要求实现超越标清的高清视频。因此，宽带集群 B-TrunC 系统需要提供语音调度、数据调度、视频调度等多种业务协同的融合调度功能。通过数据业务和视频业务弥补语音业务在准确性、可记录性方面的缺陷，从而实现全数字化、可视化、高度自动化、可记录、可追溯、事件驱动的指挥调度和协同作业能力。

指挥调度：宽带集群 B-TrunC 系统需要配有专门、统一的指挥调度中心，根据事件现场人员反馈的情况，通过有线或无线调度台实现区域呼叫、通话限时、动态重组、迟后进入、呼叫能力限制、繁忙排队、监控、环境侦听、强拆、强插、录音/录像等多种操作。此外，指挥调度中心还可以为调度台设置管理级别，实现分级调度管理。

多行业共网管理：宽带集群 B-TrunC 系统满足城市无线政务公安、消防、医疗、城管、交通、环保等多行业部门共用网络的要求，各行业部门通过 VPN 或独立的核心网进行独立的用户签约和业务管理，共享无线接入网和频谱资源。多行业共网不仅可以提高无线基础设施和频谱资源的利用效率，还可以实现高效的协同工作，满足跨地域、跨部门的大规模现代指挥调度的需求。

(3) 性能特征

快速接入能力：宽带集群 B-TrunC 系统具有快速接入能力，要求组呼建立时间小于 300ms，话权抢占时间小于 200ms，以实现快速的指挥调度。

更高的安全性和保密性：宽带集群 B-TrunC 系统是针对行业应用而设计的专用指挥调度通信系统，对网络和信息传输的安全性和保密性要求较高，尤其是政府、公安、军队、公共安全等国家安全部门或强力机构使用的集群网络，一定要防止遭受恶意攻击以及信息被截获或篡改等。因此，宽带集群 B-TrunC 系统应能够提供包括鉴权、空口加密以及端到端加密在内的一整套完备的安全机制，来消除其面临的诸多安全威胁。

更高的可靠性：宽带集群 B-TrunC 系统在网络可靠性方面有更高的要求，要求具有强故障弱化、单站集群和抗毁能力，以提供应对各种自然灾害或突发事件的应急指挥通信能力。宽带数字集群终端还应该具有脱网直通的能力，使得在网络无法覆盖时，能够支持群组用户的脱网直通能力。

7.3.2 B-TrunC 标准的演进

宽带集群 B-TrunC 技术标准不断发展演进，如图 7-1 所示，现有 3 个 Release 版本。

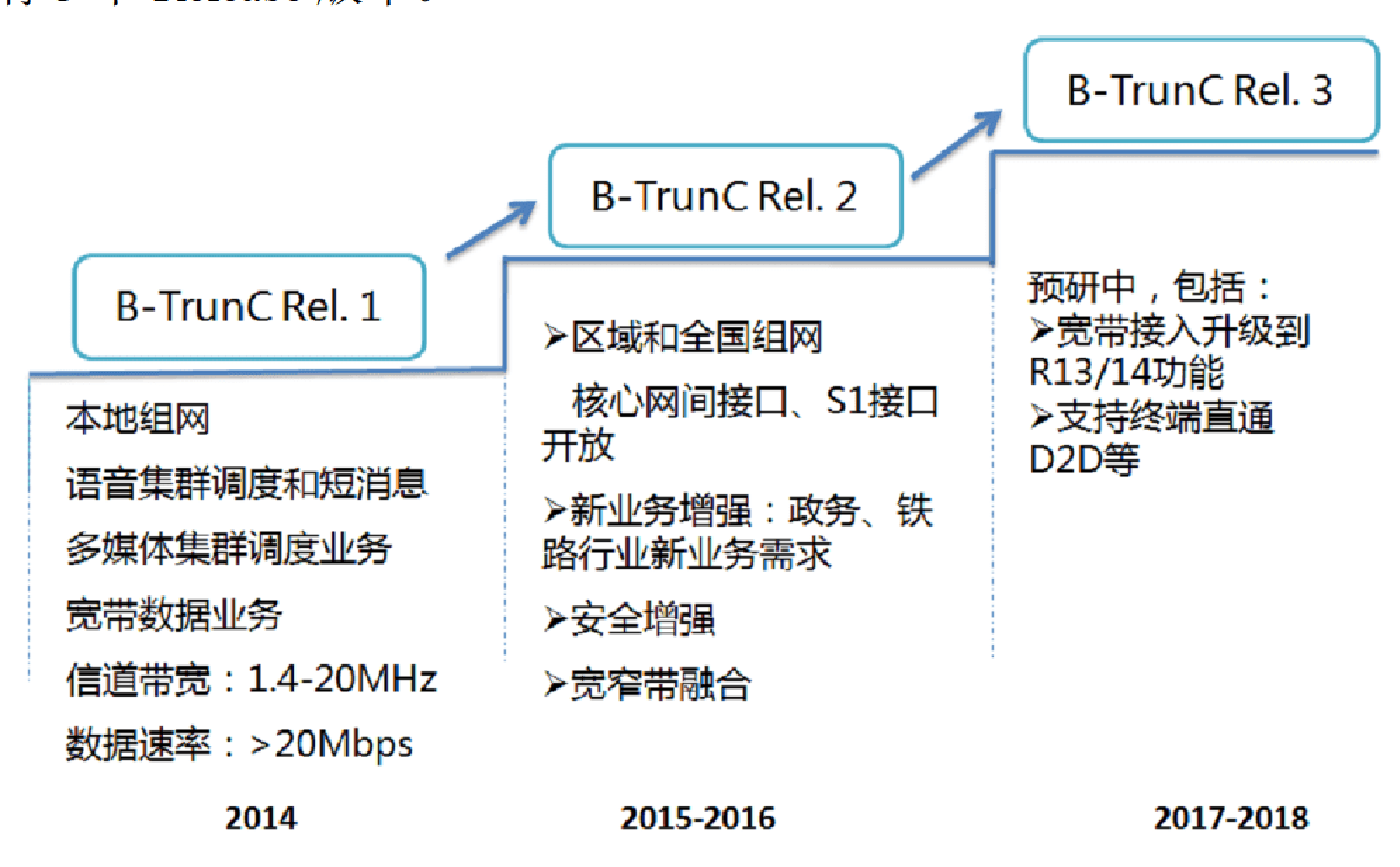


图 7-1　宽带集群 B-TrunC 标准演进

(1) B-TrunC Rel.1版本

B-TrunC Rel.1 作为第一个标准版本，定位本地组网，在兼容 LTE R9 的基础上，支持宽带数据业务，同时增强语音集群调度、短消息、多媒体集群调度业务，开放了终端(包括无线终端、调度台)与系统的接口，规范了终端与系统跨设备商的互联互通接口和功能性能要求。2014～2015 年工业和信息化部正式发布了 B-TrunC Rel.1

系列标准。B-TrunC Rel.1 的标准体系如图 7-2 所示。

总体性技术规范（3）
YD/T 2689-2014 总体技术要求
端到端流程
标准澄清文件
接口和设备技术规范（6）
YD/T 2741-2014 空中接口技术要求
YD/T 2860-2015 终端到集群核心网接口技术要求
YD/T 2859-2015 集群核心网到调度台接口技术要求
终端设备技术要求
网络设备技术要求
调度台设备技术要求
接口、设备和IOT测试规范（10）
YD/T 2889-2015 空中接口测试方法
YD/T 2891-2015 终端到集群核心网接口测试方法
YD/T 2890-2015 集群核心网到调度台接口测试方法
终端设备测试方法
网络设备测试方法
调度台设备测试方法
终端与网络IOT测试方法
网络与调度台IOT测试方法
基站射频测试方法
终端射频测试方法
已完成的行业标准/国家标准
已完成的联盟标准

图 7-2　宽带集群 B-TrunC Rel.1 标准体系

(2) B-TrunC Rel.2版本

B-TrunC Rel.2版本在兼容B-TrunC Rel.1的基础上，支持区域和全国性大规模组网的切换和漫游，开放了核心网之间、核心网到基站之间的接口协议。此外，B-TrunC Rel.2还支持政务、轨道交通、铁路等行业宽带集群调度的新业务功能，进一步增强了安全机制，并通过开放的核心网接口支持与窄带数字集群通信、PSTN、公众蜂窝移动通信网的互通。该版本标准计划于2016年底制定完成。

(3) B-TrunC Rel.3版本

B-TrunC Rel.3目前处于标准预研中，主要讨论宽带数据传输部分的升级、终端直通等需求和功能。由于B-TrunC宽带数据传输部分兼容3GPP标准，因此其B-TrunC宽带数据传输能够采用3GPP的先进技术标准，可伴随LTE的演进提供更适应于无线专网的更先进宽带数据传输功能。

7.4 频谱分配

我国TD-LTE政务试验网采取城市或行业申请，无线电管理局授权频率、使用地区和期限的方式开展。自2012年底开始，北京、天津、上海、南京和广东获得了频率授权，并陆续启动网络建设。

为满足各行业对宽带集群业务的需求，2015 年工信部正式发布 1.4GHz 和 1.8GHz 专网频率规划。规划将 1447~1467MHz 频段用于宽带数字集群专用系统，满足政务、公共安全、社会管理、应急通信等领域需求，将 1785~1805MHz 用于交通(城市轨道交通等)、电力、石油等行业专用通信网。

7.5 网络建设情况

7.5.1 建网总体情况

总体情况如表 7-1 所示。

表 7-1　建网总体情况

省份	地市	网络类型
云南	怒江公安	PDT
	昭通公安	PDT
	西双版纳公安	PDT+LTE
	曲靖公安	PDT+LTE
	普洱公安	PDT
	保山公安	PDT+LTE
	临沧公安	PDT+LTE

(续表)

省份	地市	网络类型
安徽	阜阳公安	PDT+LTE
	合肥公安	PDT+LTE
	肥西公安	PDT
	合肥地铁二号线公安	PDT
北京	北京公安	PDT
	北京政务网	LTE
河北	秦皇岛公安	PDT+LTE
湖南	株洲公安	PDT
	长沙法院	便携及通信车
贵州	凯里公安	PDT+LTE
福建	漳州公安	PDT
	龙岩公安	PDT
	福州公安	便携及通信车
	福建应急办	便携及通信车
四川	达州公安	PDT
辽宁	新民公安	PDT+LTE
黑龙江	绥化公安	PDT+LTE
河南	郑州公安	LTE、便携、通信车
陕西	西安公安	LTE
	西安刑侦	便携及通信车
新疆	伊宁公安	LTE
上海	上海政务网	LTE

(续表)

省份	地市	网络类型
天津	天津政务网	LTE
广东	广州政务网	LTE
	深圳消防	便携及通信车
宁夏	银川政务网	LTE
山西	阳泉政务网	LTE
广西	南宁公安	便携及通信车

7.5.2 典型案例

(1) 北京

北京市政务物联数据专网与北京市有线电子政务外网互为补充，作为最后一公里宽带无线接入网络，其主要作用是为首都日常管理的物联数据采集、城市安全运行和突发事件应急处置，提供统一、安全、可靠的信息传输通道。避免各部门传感网络的重复建设，降低物联网应用建设成本，确保传感信息安全，满足各级政府及相关委办局在城市安全运行、应急管理领域物联网应用和无线政务建设方面不断增长的需求。北京政务网是政府专用网络，属于非运营网络，不对公众开放，具有高安全性、高可靠性、高可控性等特点。北京市政务物联数据网采用 TD-LTE 技术，频率为 1447~1467MHz，在网络规模上，近期规划设计了 771 个基站，后续整体规模约为 1000~1500 个基站(见图 7-3)。

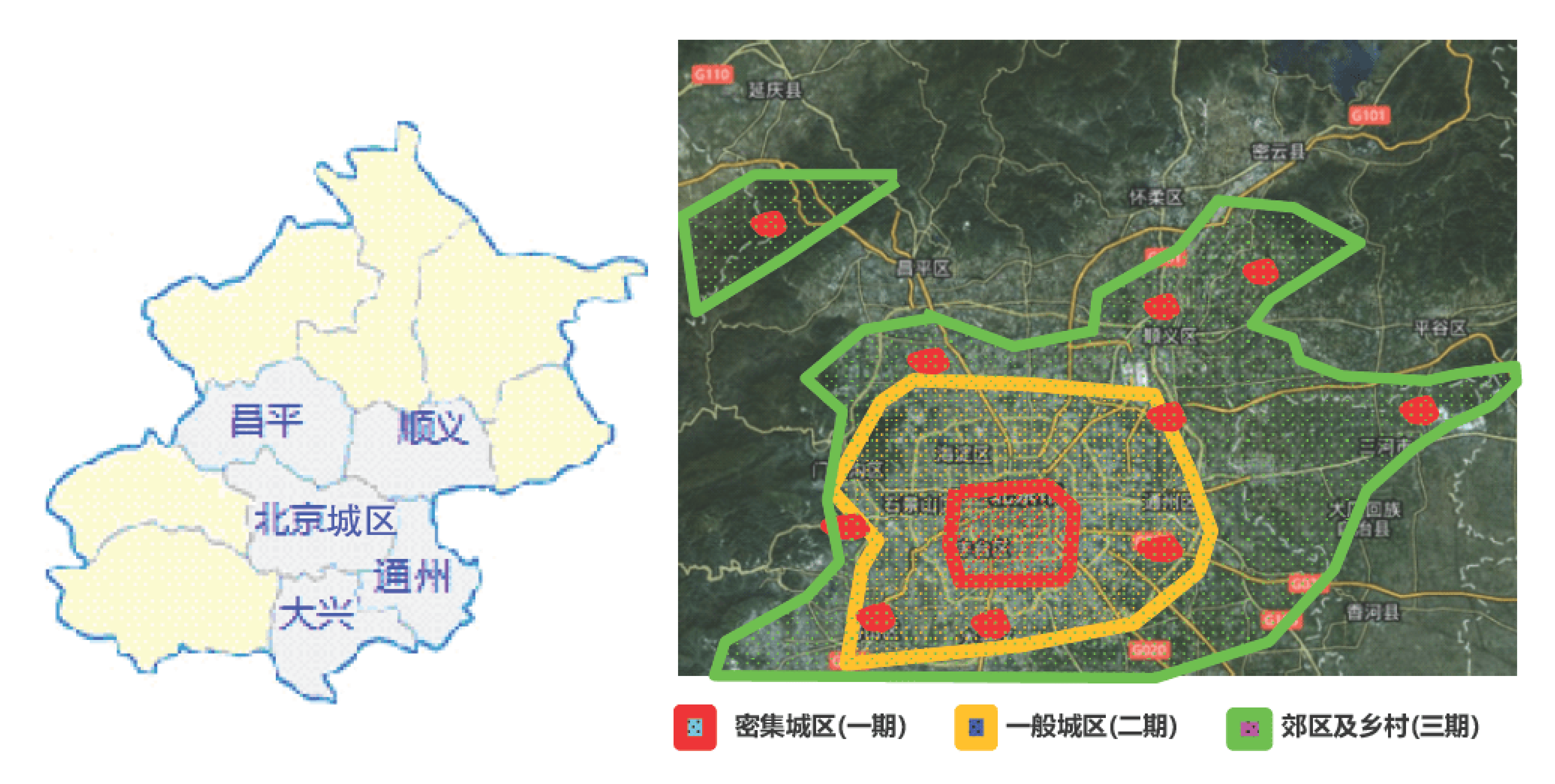


图 7-3　北京市政务物联数据专网建设规划

北京市政务物联数据专网采用成熟的 BOT 建设模式，由企业出资，进行网络建设和维护，政府购买服务，由各政府单位向网络主管部门提交业务申请，通过审批后方可免费使用网络。

北京市政务物联数据专网主要业务涵盖城市安防视频监控、应急指挥综合调度、物联网数据采集等方面。其中含烟花爆竹监控、应急抢险车辆定位、路侧停车管理系统、公交车内部视频监控、景观灯照明和电梯安全监控等多种具有特色的实际应用业务。

北京政务的宽带集群业务并未在全网开通，仅在部分区域支持。具体业务功能支持语音单呼、语音组呼、可视单呼、可视组呼、视频调度、实时短消息等基本业务，并支持动态重组、迟后进入、强拆、强插、监听等补充业务。北京政务政通网也考虑升级为 LTE 宽带集群。

(2)　南京

2013 年初，随着宽带多媒体数字集群技术的突破，南京成功申请 1.4GHz 试验频点，并启动了网络设备的优化升级，同时进一步扩大网络覆盖规模。目前第一阶段网络建设已完成，共计 236 个室外宏基站，50 个室内站，边缘区域场强大于-115dBm，南京市全市

域覆盖率大于95%，4个万兆核心节点，18个万兆汇聚节点，实现南京全市域覆盖，并形成3万个宽带专网用户+10万个窄带用户的承载能力。同时完成建设与无线网配套的万兆光传输交换骨干网络，在承载无线专网的同时为南京市政务有线专网提供网络承载。

目前，南京无线政务专网在网用户数量4500个左右，其中公安用户数已达到1000个，到2017年底将完成全市专网4G图传车辆的改造。公安行业主要应用于车辆图像传输、警务通数据接入、单兵图像回传以及临时监控等。每年保障重大活动及赛事约为10次，保障了南京公安活动，成为日常警务应用的主要承载网络。

(3) 天津

天津市政府在向服务型政府的转型过程中，为加强各部门协同的物联网应用，提升重大事件反应速度，综合考虑了效益、成本及业务等多方面因素后，最终确定选择TD-LTE技术建设覆盖全城的无线政务网，并于2011年向国家无委申请并获得1447～1467MHz频率，用于无线政务专网实验网。

天津政务网覆盖范围：天津市区、滨海新区及高速公路、国省道、铁路及郊县，计划分三期完成，具体工程建设进度如下：

第一期，完成和平区、河西区及南开区部分区域(主要是大学校区)网络覆盖。

第二期，完成中心区的其他四个区(南开区、河东区、河北区、红桥区)和滨海新区核心区(塘沽、汉沽、大港)网络覆盖。

第三期，完成天津市环城四区(东丽区、津南区、西青区、北辰区)、滨海新区重点区域、天津市高速公路、国道、省道、铁路及郊县县城的网络覆盖。

天津政务网一期建设和平、河西、南开三区，由中兴通讯提供定制化设备开发，满足灵活建网和运营的需求，包括终端、无线基站、核心网、业务平台、运营支撑平台、传输网全套设备和服务。主要业务应用如下。

视频监控

监控应用包括，实时回传现场音视频等，保障国家和人民的财产和生命安全。

监控场景包括，室内固定监控，如地铁、飞机场等，室外固定监控，如广场等；室外移动监控，如公交车等。

物联网应用

物联网应用能够更加准确及时地掌握设备和环境状态，进而采用更加精密和动态的方式管理设备，预知风险。最终提高社会的信息化能力，提升社会管理水平。

集群系统

- 集群子系统应用范围包括安全、警察部门的日常应用，发生爆炸、火灾或者地震等灾害时的应急联动以及军队安全通信应用等；
- 性能：超过 100Mbps 的高带宽、低于 300ms 的呼叫建立时延大幅提升 TD-LTE 集群业务的体验；
- 业务：丰富的业务让用户充分感受 4G 技术带来的优越业务体验；
- 维护：有别于传统粗放式集群系统，GUI 界面让操作维护变得简单易行。

(4) 西安

按照西安市委、市政府的要求，西安市公安局依据《全国公安机关“十二五”科技强警工作规划》，站在建设国际大都市的战略高度，制定了“警用无线数字集群通信系统建设规划”。西安市公安 PDT+LTE 城市应急数字集群系统，不仅作为公安部门的指挥调度无线通信网，还将市城管执法局、市地震局、市卫生局等其他政府职能部门纳入进来，形成一张全市统一的应急指挥通信网络，实现多部门快速反应、应急联动的指挥机制。

随着公安业务对无线视频监控、多媒体集群、海量数据回传、

移动办公等业务日趋增长的需求，在 PDT 集群网络的基础上融合 LTE 专网，不但可以保证基础的警用语音通信，同时提供了多媒体调度功能和高速数据应用。

西安市公安(城市应急)网络采用 2+4 宽窄融合方式组网，可提供语音、定位、文字、图片、视频等多种业务。多媒体无线专网系统结构框架如图 7-4 所示。

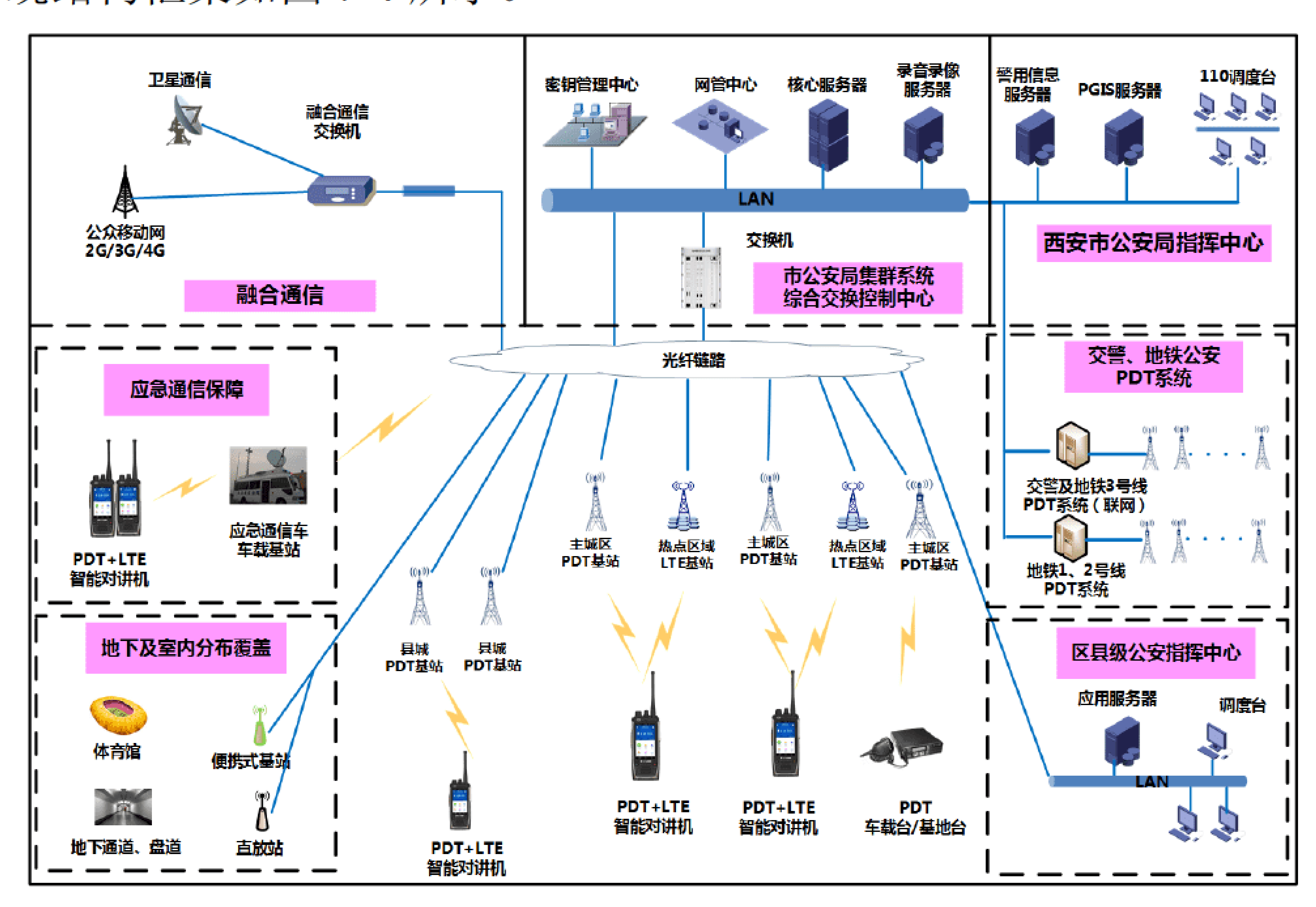


图 7-4　多媒体无线专网系统结构框架

该多媒体无线专网系统包括多媒体调度服务器、PDT/LTE 交换控制中心、若干 PDT 基站、27 套 LTE 室外覆盖宏基站以及 3 套 LTE 室内覆盖基站。其中，27 套 LTE 室外覆盖宏基站用于覆盖 21 个热点的 3 区 4 口地区，3 套 LTE 室内覆盖基站用于覆盖 3 个地铁换乘站。该多媒体无线专网可为全市应急、城管、卫生、地震、安监等政府部门提供可靠的通信平台，各部门采购终端设备即可无缝地申请接入使用。

市区内宽带 LTE 覆盖的热点区域如图 7-5 所示。

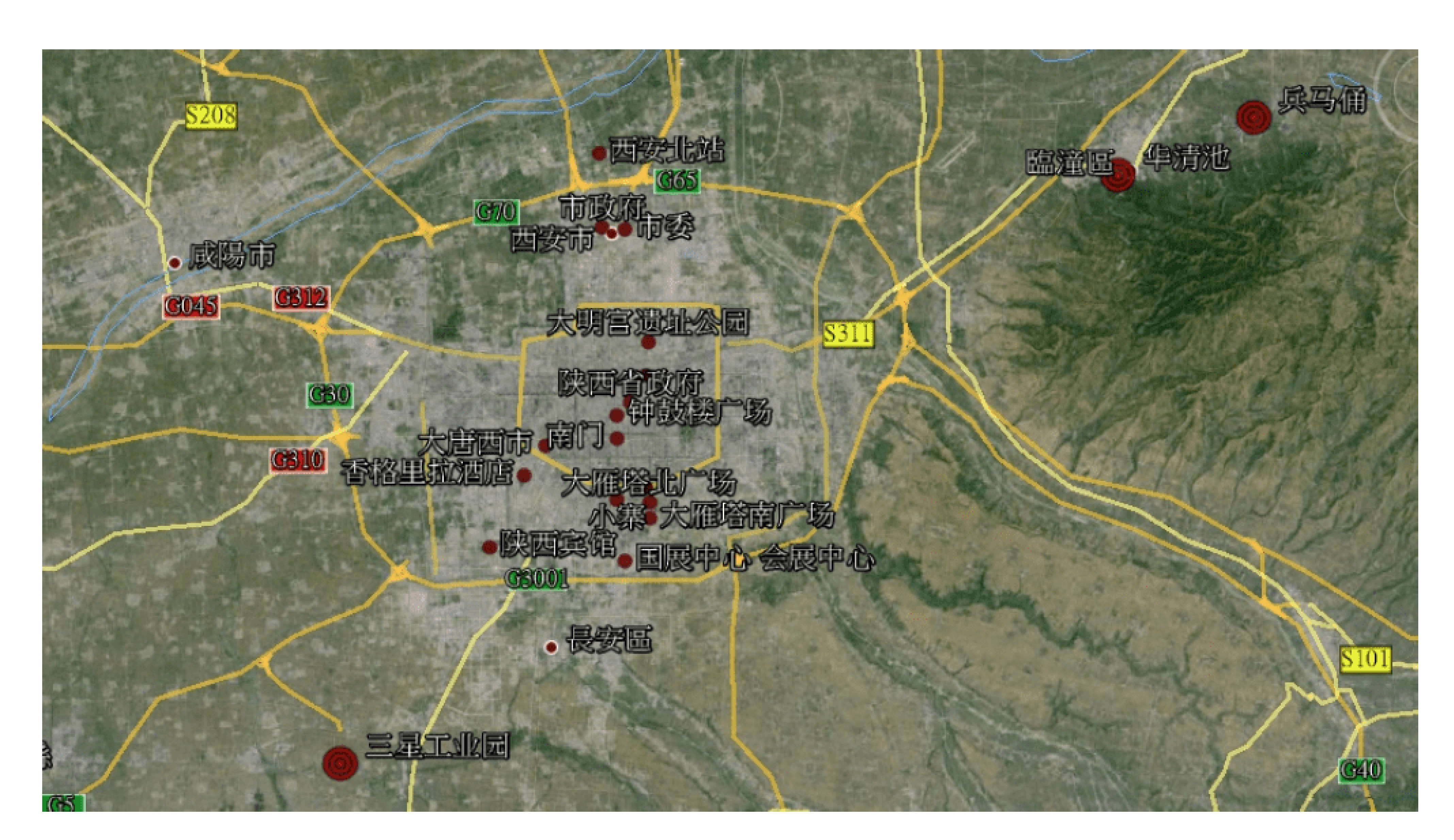


图 7-5　西安市宽带 LTE 覆盖的热点区域

(5) 秦皇岛

秦皇岛市公安模拟无线通信网自建成以来，在各类大型活动安全保卫、重要警卫任务、处置群体性突发事件、交巡警值勤巡逻等多项警务活动中，特别是在暑期安保任务中，发挥了非常重要的通信保障作用。随着社会经济突飞猛进的发展，城市规模和居住人口不断增加，无线集群指挥调度系统负荷也不断增加。目前，各种大型安保活动和警卫任务规模越来越多，越来越大，模拟集群网络已经超负荷使用，设备老化、无线网络覆盖日趋弱化、容量饱和等方面存在严重隐患。

以秦皇岛公安模拟无线通信专网平滑过渡到 PDT 全数字专网，未来平滑演进到 PDT+LTE 宽窄带融合网络为目标，新建 PDT 数字集群网络替代原有模拟网络，解决目前模拟网络存在的问题，提供模拟网络无法支持的定位、短消息等功能。未来与省厅对接的移动控制交换中心需要支持 MPT 基站、MPT+PDT 双模基站、PDT 基站和 LTE 基站的同时接入，为未来全市公安无线通信全面数字化和以后的宽带化发展奠定基础。

新建一张 PDT 数字集群网络，网络容量满足秦皇岛市暑期安保大话务量通信需要，同时保留原有模拟集群网络作为备网。网络规模为 22 个站点、1 台车载 PDT 设备，手持终端 5000 部，车载台 100 台。基本实现秦皇岛市四区三县全覆盖，保障绝大多数警力指挥调度任务。

在新建 PDT 网络实现广覆盖的基础上，对“三区四口”(即：案件多发区、商业/金融集中区、人口密集区、治安卡口、城市的出入口、重点交通道路口、政府门口)等重点区域进行 4G LTE 网络覆盖，满足重点区域的宽带无线覆盖。一期 LTE 项目主要覆盖北戴河区内重点保障线路、车站、重点单位和核心区域。初步规划网络规模为 7 个站点，50 部 4G 终端，基本满足重点区域内 4G 视频业务需求。主要业务应用如下：

- PDT 特色功能：GPS 定位/短消息/状态消息/数据查询。
- LTE 多媒体业务：视频单呼/组呼、语音单呼/组呼、终端视频推送。
- 支持 PDT+LTE 混合编组、混合呼叫、统一管理、统一调度。
- MDS 多媒体调度：满足专网用户对高清视频回传、视频上拉/下发、多媒体消息等需求。
- 实现与平安城市、智慧交通系统对接，通过 4G 操作终端可以调用固定摄像头视频图像。
- 可视化调度：支持与 PGIS 系统对接、警力上图、警员位置提示、终端报警及定位。
- 可视化派警：支持与接处警系统对接，实现警力指派、警情绑定警员、短信处警、警情标注、案发地点快速定位等特色功能应用。
- 数据库查询：支持与请求服务系统对接，查询被盗抢车辆信息、常住人口信息、在逃人员信息、机动车驾驶员信息、违法犯罪人员信息、网吧上网人员信息、机场旅客离港信息。

目前，该网络已经建成并投入使用，PDT 信号覆盖优于原有模拟基站，与 PGIS 系统结合实现警力定位，为全面扁平化指挥奠定了基础；数模兼容的建设模式，使市局现有手台完全可以继续使用，实现了混合调度，平滑过渡；数模互通网关保证了与全省现存模拟系统互联互通。PDT+LTE 集群系统采用电信级架构，稳定可靠、功能强大，支持 PDT+LTE 音视频集群呼叫、高清视频传输、移动警务以及警力上图等业务，实现了指挥调度的扁平化、可视化、统一化，有效提升了日常警务工作的效率，并且满足一线应急指挥调度的需求。

7.6　发展趋势

我国的专网无线通信技术从最初的模拟集群更新到现在数字技术，经历了一个重大变革。自 20 世纪 90 年代开始，我国公安无线集群通信系统一直采用模拟 MPT1327 制式。模拟集群一直存在着频率资源紧张、系统容量不足、覆盖范围小、安全性能差、不支持警员定位等诸多问题，难以满足信息化条件下警员高效指挥调度和警力资源高效管理等要求。随着专网无线通信设备的应用日益普及，频率资源越来越紧张，同时用户的需求也不断提升，行业用户越来越倾向于使用数字产品。2009 年工信部出台了 666 号文件，停止核准新的模拟对讲机型号，此举大大加速了专业无线通信由模拟技术向数字技术转型的步伐。

传统的专网无线通信是以语音为主，讲究的是可靠、即时、灵活。随着云计算、大数据、互联网+时代的到来。专网用户需求的不断增多，专网无线通信已经演变成多种技术集成与融合的通信模式，形成了集语音、数据、视频、图像综合于一体的大系统，涉及窄带数字集群、宽带多媒体通信、卫星通信等多个技术领域。在大

数据信息化时代，仅依靠窄带专网通信解决语音通信是远远不够的，实时的视频、高清图片以及综合的数据查询、分析等大数据工作对重大突发事件的指导意义重大。目前，专网无线通信正处于宽窄带融合的孕育期，用户的业务需求从语音调度、端数据传输，发展到图像传输、数据库访问，现有的窄带数字通信已无法满足高速数据及视频传输要求，必须借助于宽带系统。但目前专网宽带集群还很不成熟，存在一些固有缺陷，比如宽带无线专网的覆盖较小，需要建设大量的基站，网络投资巨大，不适合单独部署。专网不同于公网建设，不光要考虑到现有窄带系统很好地实现无线通信保障，还要考虑到基站数量庞大用户数量小但突发业务多、运维人员少、工资低等因素。此外，还涉及各个部门的无线频率互联互通问题，以及无线对讲与数字对讲互通问题，IP 与模拟互通问题等。因此，需要一个“多媒体融合通信平台”这样的统一平台将现有的窄带集群通信系统和宽带接入系统相结合，组成集语音、数据、图像、视频于一体的宽窄带融合网，才能够更好地满足行业用户需求，也是未来专网无线通信技术的演进方向。

7.6.1 未来发展公安宽带网络建设需要解决的几个问题

公安专用宽带无线网络的建设不同于以往的模拟集群和窄带数字集群，由于宽带的技术体制限制，无法采用大区覆盖，庞大的基础设施给专网建设带来前所未有的困难。在建设之前必须对一些建设中会遇到的问题认真研究。

(1) 窄带与宽带的关系

目前，国内也制定了基于 TD-LTE 技术的纯宽带集群标准(B-TrunC)，它的特点是在宽带系统中也可以实现语音的单呼和组呼等语音调度功能，很多人认为宽带集群马上就会替代窄带集群。但从公安移动通信的高可靠性和强抗毁能力的要求看，目前的宽带集群还无法满足公安专用宽带网络的需求，主要有两方面的原因，一

是 TD-LTE 宽带集群采用蜂窝体制，覆盖区域非常小，和 PDT 相比覆盖同样的区域需要 9 到 11 个基站。庞大的基础设施降低了整个系统的抗毁性，在严重自然灾害和遇到恐怖袭击时，无法保证系统的可靠运行。二是由于基础设施庞大，建设的造价和维护费用极高，包括基站机房和链路租用的费用，LTE 网络的建设费用是 PDT 的 10 倍以上，公安自己根本没有能力建设和维护这样一个庞大的网络。因此，PDT 与宽带系统的关系不应该是简单地替代，而是互补。PDT 系统将在未来很长的一段时间里作为应急通信的最后保障而存在。

(2) 公网和专网的关系

专用通信网络(即“专网”)主要服务于特定部门或群体的通信网络，公众通信网络(即“公网”)主要服务于社会公众用户的通信网络，两者具有本质区别，彼此无法替代，又相互补充。其区别主要表现在如表7-2所示的几个方面。

表 7-2　公网与专网的区别

	专网	公网
服务用户	主要为政府与公共安全、公用事业、工商业领域行业用户提供应急通信、指挥调度、日常工作通信等通信服务，主要强调社会效益	主要为社会公众用户提供个人通信服务，网络运营通常以经济效益为主要目的
系统要求	系统更加关注通信管理、可靠性、高效、安全等特性(例如个呼、组呼、全呼、多优先级、紧急呼叫、故障弱化、VPN、双向鉴权、空中接口加密、端到端加密、入网接续时间小于 0.5 s 等)	系统更加关注个人用户的通信体验(例如通信覆盖率、语音质量、数据速率、增值服务等)，对优先级管理、入网接续时间等特性不关注(例如呼叫建立时间一般大于 5s)

(续表)

	专网	公网
终端要求	作为工作工具，为适应特定环境，用户更强调终端可靠性，例如具备防水、防尘、防震、防爆等特性	作为个人消费品，用户更注重终端的娱乐功能和时尚外观
运营管理	一般由用户自行出资建设，并进行网络维护和用户管理	由运营商统一进行网络建设、运营维护和用户管理

目前3G/4G公共移动通信网络非常发达，具有覆盖广、传输速率高、可以全国漫游等优点。但我们公安宽带移动通信系统的构建不能完全依赖公共移动通信网络，主要原因如下：

- 在很多紧急情况下需要对公共移动通信网络进行管控或关闭，如伦敦地铁爆炸、亚特兰大马拉松爆炸及新疆7·5事件等。
- 由于公共移动通信网络基础设施庞大，极易受到自然灾害的破坏，如汶川地震等。
- 公共移动通信网没有优先级别，在举办很多大型赛事活动、展览及发生突发事件时，使用公共移动通信网络无法保证入网和服务质量。
- 公共移动网络是以效益为优先覆盖原则，在一些人烟稀少的地区覆盖会很差。而公安的使用要求以“重要”为优先原则，个别重要地方如卡口、哨所等，即使没有效益也要覆盖。

(3) 频率问题

目前，建设公安宽带专网的最大问题是没有适合的宽带频率，在336～344MHz频段，公安部门有4MHz(336～340MHz)的优先使用权，虽然这个频段的无线传输特性非常好，但和窄带集群350MHz频段太近，在同一终端内相互干扰很难屏蔽。工信部最近为政府宽

带专网指派了 20MHz 的宽带频率(1446～1467MHz)，公安可以申请使用。公安是处理突发事件的主要力量，也是政府中最需要移动宽带服务的部门，根据工信部的指导意见是要建立政府各部门的共享网络，公安在建设专用宽带无线网络的同时应考虑和其他政府部门及突发事件处理部门共享网络资源。

7.6.2　未来公安宽窄带融合网络架构

PDT 警用数字集群通信系统是为指挥调度而设计的，它使用 12.5kHz 载波 2 时隙 TDMA 技术，实现大区覆盖。单时隙语音传输速率为 2.4Kbps。数据传输速率在两时隙合并的情况下也只能传输 4.8Kbps。PDT 系统如何在保证语音可靠通信的前提下提升数据传输能力，可以采用以下两种不同的方式实现：

一是在 350MHz 频段内采用增加载波带宽和提高调制效率的模式，如载波带宽可以增加到 50kHz 或 100kHz。采用更高效率的 16QAM 或 64QAM 调制方式。欧洲的 TETRA 标准曾建议采用这种宽带演进模式。但这种方式由于在同一频段内同时具有多种载波制式，网络的频率规划非常麻烦，另外这种方式对数据传输速率的提升也并不理想，一般只有 300Kbps 的传输速率，还是无法满足多媒体应用的需求。

二是保持 350MHz PDT 技术体制不变，使用另外的频率实现宽带通信，即跨频段网络异构的模式。目前，可用宽带技术很多，由于公安网络必须安全可控，应考虑使用具有中国知识产权的 TD-LTE 技术。网络采用融合的方式，即一张核心网同时支持窄带 PDT 和宽带 LTE 的接入。另外也可以采用网关的方式实现 PDT 网络和 LTE 网络的互联。终端采用 PDT+LTE 多模方式。TD-LTE 系统在 20MHz 的带宽下，可以传输峰值 100Mbps 的高速数据，完全能够满足我们公安单警无线业务的需求。

目前，公安部正在制定基于 PDT+LTE 技术的公安宽带多媒体

集群通信系统技术规范。PDT+LTE 宽窄带融合通信系统框架如图 7-6 所示。

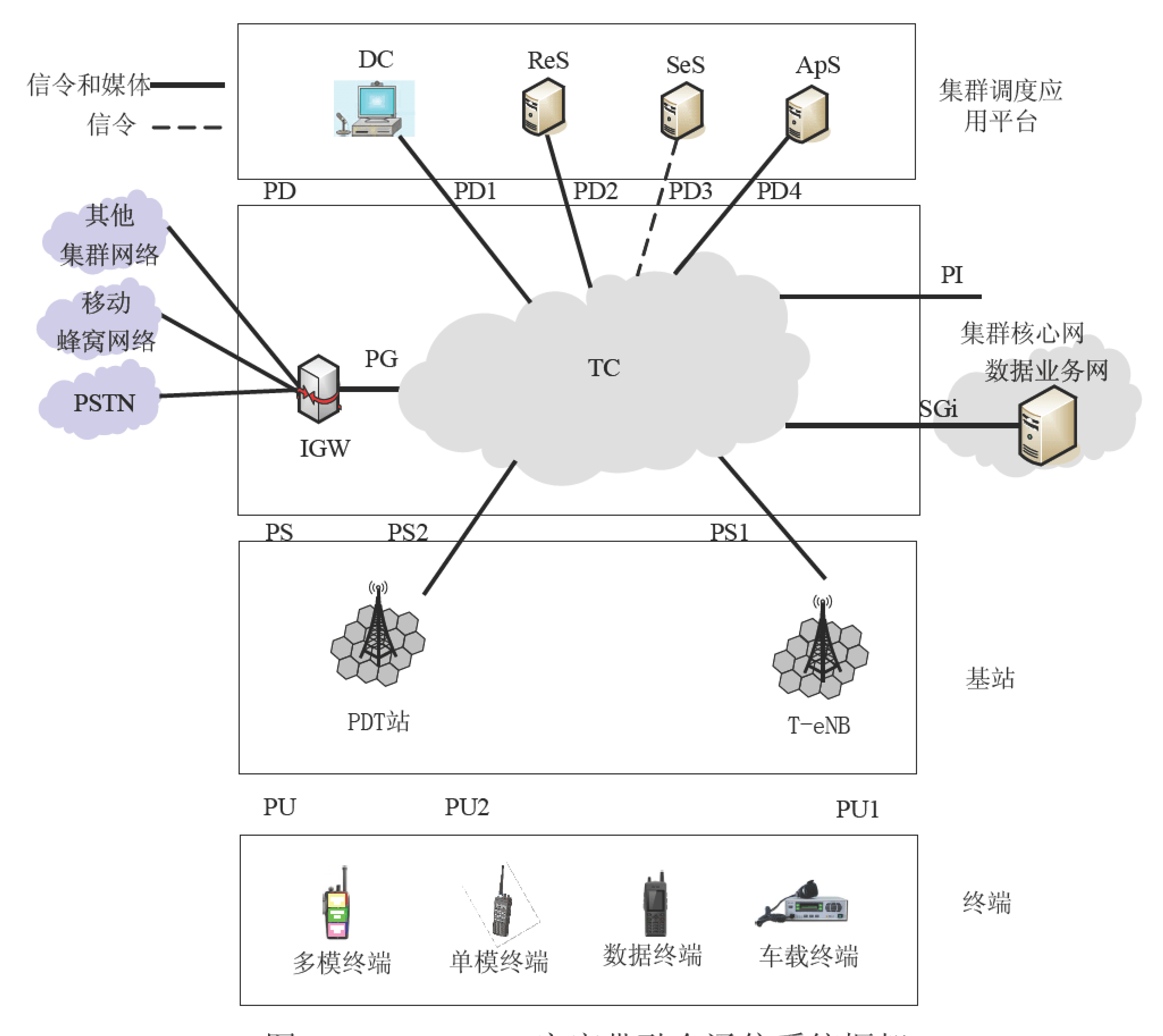


图 7-6　PDT+LTE 宽窄带融合通信系统框架

系统由四个部分组成，包括终端、接入子系统、集群核心网、调度应用平台。

调度应用平台包括调度台(DC)、录音/录像服务器(ReS)、安全服务器(SeS)和应用服务器(ApS)。

系统支持包括中低速模式(PDT)和高速模式(LTE)等无线技术的接入，以及与其他数字集群系统、PSTN 网络、移动蜂窝网络的互联互通。

7.6.3　未来公安宽窄带融合网络的建设模式

由于宽带系统的基站数量多，需要大量的制高点和光纤链路，因此建设一个覆盖整个城市的宽带 LTE 网络，不但需要大量资金，还需要相当规模的运营维护团队。这对于公务员体制的公安来说是一个相当大的挑战，考虑到各地区的经济发展状况的不同，可采用不同模式因地制宜地进行建设。

(1) 公安自建模式

由于 LTE 网络建设和维护投入非常大，公安自建网络无法做到像运营商那样的覆盖面，可以采用分布建设的模式，第一步在主要地区的制高点建设 LTE 基站，首先解决大功率车载设备的入网，实现警车的图像传输，第二步可以在热点地区和政治核心区进行覆盖。在没有专用 LTE 无线网络的地区，平时可以采用公共移动网络进行补充。一旦出现紧急情况可以采用临时组网的方式架设应急宽带通信网，用于解决应急指挥调度的图像和高速数据传输。

(2) 专网运营模式

目前在北京、上海、南京等地都有政府专网的运营商，可以考虑选择购买服务的方式实现公安宽带移动通信，但对运营商的选择一定要谨慎，由于 LTE 网络投入大，专网用户又少，专网运营商很难盈利，有些公司获得专网频率后，采用炒作的方式，以转卖为目的。这样的运营商很难为公安提供长期、稳定、可靠的服务。另外，公安宽带移动应用需要接入公安信息网，应按公安部有关移动警务安全接入的相关规定，对运营商服务的各个环节做到可管可控。

(3) 共享接入网模式

考虑到目前可以使用的宽带频率只有 1.4GHz 的政府共网频率，公安部门可以考虑和政府宽带运营商共享接入网。3GPP 在 Release10 提出了多核心网模式，在一个 LTE 网络中可以有多个核心网共同使用同一个接入网。

公安部门按照自己的标准(总体规范预计2017年完成)建设一个宽窄带融合的 PDT+LTE 的核心网，与政府共网运营商共同使用同一个接入网，在紧急情况下运营商应保证公安享有足够频率带宽。共享接入网的好处是公安完全可以控制网络的安全，在一些需要特别覆盖的区域也可以自己建设 LTE 基站，组网的方式更加灵活。

共享接入网的模式是在公安没有自己的专用宽带频率的情况下，比较理想的模式。公安用户一般都是政府共网中最大的用户，通常运营商都会在有合理收入的情况下接受这种模式，对于运营商的付费模式可以采用统一接入网使用年费和按终端数量付费的模式。

如果中国移动、中国联通和中国电信这三大运营商有一家愿意为公安提供共享接入网的服务，完全可以考虑“使用运营商的接入网，公安自己建设核心网”的模式建设一个全国联网的公安宽带网路(见图 7-7)。条件是在紧急情况下对公网用户管控时，公安用户仍可以使用接入网，并保证公安用户享有足够的带宽。

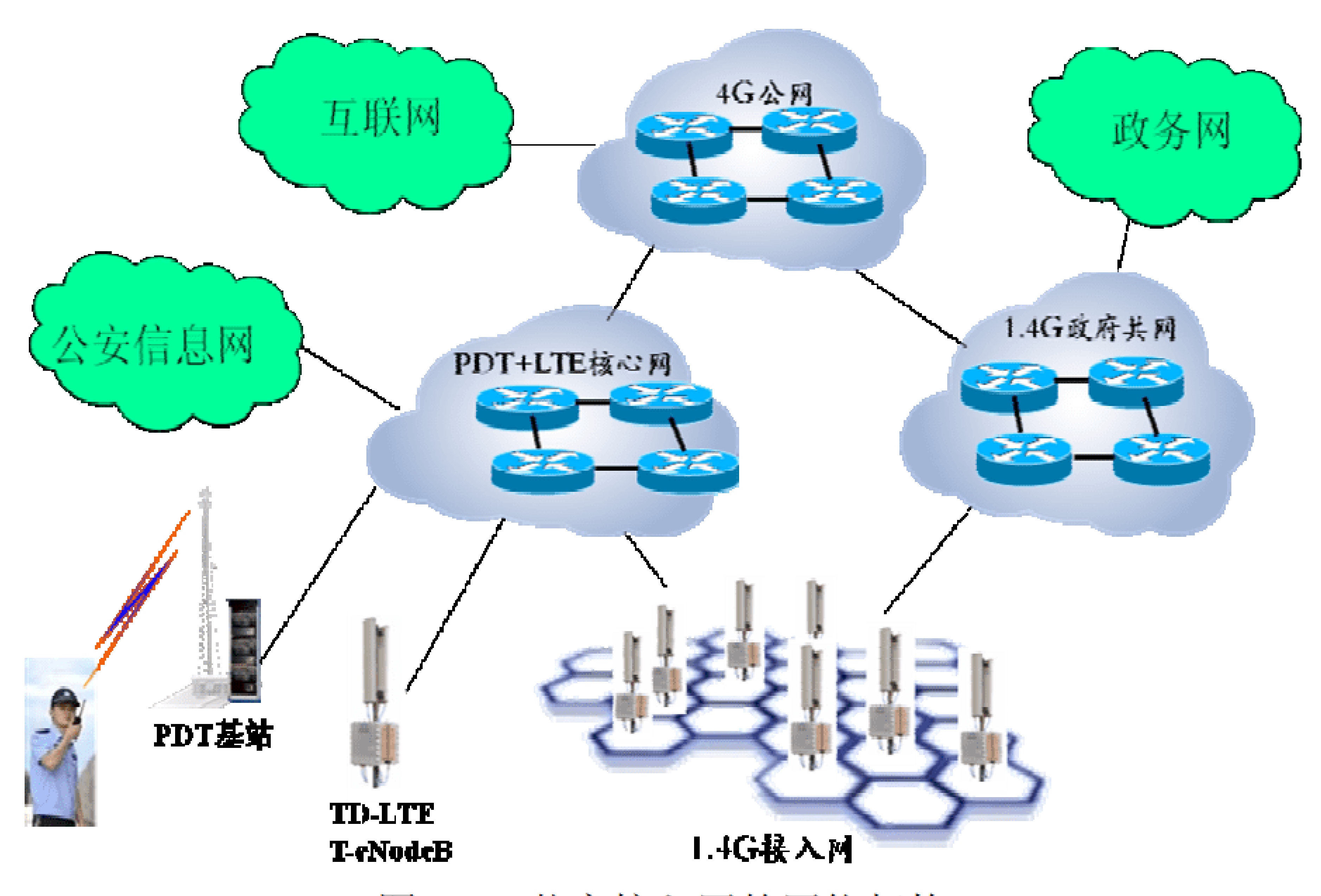


图 7-7　共享接入网的网络架构

7.6.4　未来公安宽窄带融合终端发展趋势

公网手机从 20 世纪 90 年代的“大哥大”到今天的智能手机和可穿戴设备，已经发生了颠覆性的变革，而专用移动终端从 40 年代的军用步话机到今天的数字对讲机，除了体积外几乎没有什么大的改变。其原因还是专业设备的数量少，投入的资金和研发力量远远比不上公网。目前，在一线执勤的干警身上挂有三件具有通信功能的设备：对讲机、警务通和执法记录仪。执法记录仪第一版的技术规范是没有通信功能的，但随着 4G 公网的开通，具有 4G 传输能力的执法记录仪日趋普及，未来宽窄带融合的终端有两大发展趋势。

(1) 融合型终端

融合型终端就是将对讲机、警务通和执法记录仪三合一，技术完全可以做到，通信模块包括 PDT、1.4GHz 和公网 LTE。目前的公网手机就是一个典型的宽窄带融合终端，有 2G 窄带的 GSM，3G 的 WCDMA、CDMA2000 和 TD-SCDMA，4G 的 FDD-LTE 或 TD-LTE，另外还有 Wi-Fi 和蓝牙短距通信模块。对于宽窄带融合的终端将会遇到以下几方面的挑战：

- **终端体积：**由于 PDT 需要 5W 的输出功率，功放和需要的电池都比较大，加上大屏幕显示，融合终端的体积很难做得小巧。
- **网络切换：**由于 1.4GHz LTE 专网的覆盖有限，融合终端需要在 1.4G 网络和公网之间切换，特别是在业务传输时会产生中断。
- **频率干扰：**由于融合终端的 PDT 和 LTE 同时工作，PDT 的发射功率最高可以到 5W，相互干扰会非常严重。
- **整机功耗：**由于将三种设备集成到一起，供电时间应能满足原有设备的技术要求：
  - 执法记录仪：设备内置电池连续录像时间不少于 8 小时，

待机状态应不小于 24 小时。

- PDT 对讲机：在发射时间、接收时间和待机时间比例为 1:1:8 的使用条件下，整机工作时间应大于等于 8 小时。
- 警务通终端：在不更换电池情况下，终端待机时间应大于等于 48 小时。

(2) 可穿戴型终端

可穿戴型专用终端是对对讲机颠覆性的变革，采用一个可以支持 PDT、专网 LTE 和公网 LTE 的无线路由器，采用蓝牙或 Wi-Fi 等技术连接智能眼镜、无线耳机或智能手表等可穿戴设备，分别解决语音、图像和数据的采集和传输。这种模式可以完全解放警员的双手，但最大的挑战是全部采用无线连接，对可穿戴设备的抗干扰能力和电池容量都提出了很高的要求。另外，目前的可穿戴设备还都无法满足专用终端对环境适应性和供电时间的要求。

未来随着通信技术、芯片技术、电池技术的发展，专用终端必然会产生颠覆性的创新，不管是融合型还是可穿戴型终端都会有突破性的进展。

参考文献

[1] 韦斌. PDT 在公安无线通信“模转数”中的作用[J]. 数字通信世界，2015，(10):20-20

[2] 刘立海. 铁路公安 PDT 系统组网方案与频率规划研究[J]. 中国铁路，2014，(11):50-53

[3] 吴斌，高大鹏. 公安无线通信融合发展研究[J]. 警察技术，2016，(4):51-53

[4] 吕其恒，时东亚. 宽窄带融合警用数字集群解决方案及实践[J]. 警察技术，2016，(4):63-71

[5] 李晓松. 谈谈地市级公安机关如何做好警用数字集群(PDT)通信系统总体规划[J]. 中国新通信，2016，18(7):73-73
[6] 刘营，郑子辰，陈光等. 警用数字集群专网在公安实战中的应用创新[J]. 中国科技成果，2011，12(10):38-39
[7] 蒋庆生，陈妍. PDT 在公安无线通信“模转数”中的作用[J]. 警察技术，2010，(6):23-26
[8] 李昂. 北京市无线政务网信息采集和管理系统的研究与开发[D]. 北京交通大学，2014
[9] 葛淑云，戴克平，尹尚国等. 城市轨道交通与政务网 1.4GHz LTE 网络共存分析[J]. 铁路通信信号工程技术，2016，(1):63-66
[10] 汤龙龙. 1.4GHz 频段 IMT 系统与 BSS 系统和航空遥测系统干扰共存的研究[D]. 北京邮电大学，2015
[11] 孙慧洋.公安行业数字集群宽窄带融合应用[J]. 移动通信，2014，(1):59-60.
[12] 吕其恒. 宽窄带融合无线专网建设方案探讨[J]. 警察技术，2014，(3):47-50
[13] 徐贵森，符东昇. 我国宽带数字集群应用需求分析[J]. 移动通信，2013，37(1):25-30
[14] 徐贵森，王瑜琦，钱志红等. 浅析数字集群宽带化发展趋势[J]. 移动通信，2013，(18):25-29
[15] 孟海波，夏仕军，窦明涛等. 基于 TD-LTE 技术的宽带集群多媒体终端在公安业务领域的设计与应用探讨[J]. 警察技术，2013，(3):30-32

第 8 章　主要设备研发企业相关进展

8.1　摩托罗拉系统公司

摩托罗拉系统公司成立于 2011 年 1 月 4 日，原摩托罗拉公司在这一天拆分成为摩托罗拉移动和摩托罗拉系统两家公司。摩托罗拉系统公司主要是为企业和政府客户提供服务，其核心市场是公共安全政府机构和商业企业。

作为传统专业移动通信设备研发厂商，摩托罗拉系统公司很早就将目光瞄准专业宽带移动通信市场。通过与商业网络通信设备研发厂商、运营商合作，收购相关企业，摩托罗拉系统公司积极开拓了全球专业宽带移动通信市场，研发了多种公共安全宽带专用设备，并全面投资与宽带专用通信相关的领域。

8.1.1　全球市场的开拓

早在 2010 年 9 月，摩托罗拉与爱立信签署协议，联手推出一项业界领先的基于 LTE 的公共安全宽带移动通信解决方案。该方案分别基于 700MHz 和 400MHz 两个频段，前者主要应用于北美，而

后者主要应用于欧洲。借助于 LTE 宽带无线技术，摩托罗拉系统公司的下一代综合平台可以整合便携式无线通信设备、车载终端和手持 LTE 终端，构成协作式设备组合，使一体化多媒体指挥中心与现场警员共享实时信息，从而实现公共安全所需的数据通信能力。在结合了摩托罗拉系统公司针对公共安全领域优化的LTE核心网及互操作平台后，爱立信提供了业界领先的 LTE 接入设备、分组核心网及相关服务，从而推出公共安全领域的宽带多媒体业务。摩托罗拉解决方案先进的设备、视频安全系统及命令与控制解决方案充分利用了上述平台，从而确保公共安全用户可以获得前所未有的现场协作能力，全面掌握现场情况。

2011 年，摩托罗拉系统公司宣布与美国最大移动运营商 Verizon 达成一项协议，旨在将宽带无线通信解决方案的优势带给全美公共安全用户。摩托罗拉系统公司表示，双方联合向公共安全机构提供宽带通信服务。该协议提出将采用 Verizon 的无线 LTE 网络，而这个LTE网络将会运行在联邦通信委员会已经分配给公共安全机构的 10MHz 频段(763~768MHz 和 793~798MHz)上。除此之外，在不久的将来，Verizon 还将会提供专为公共安全机构定制的 LTE 智能手机。

2012 年初，德克萨斯州欧文市与摩托罗拉系统公司签订了价值 2200 万美元的公共安全专业网络建设合同。该合同既包括了 P25 Phase 2 窄带语音业务，也包括了 LTE 宽带数据业务。

2012 年 4 月，德克萨斯州哈里斯县与摩托罗拉系统公司签订了价值 400 万美元的旨在提高视频、数据功能的附加合同，计划将该县 LTE 网络现有的 6 个 LTE 站点扩展至 13 个，部署实时视频情报(RTVI)方案，以实现指挥中心、机动车和移动设备之间的视频传输，并利用宽带服务器来支持 LTE 网络与窄带 ASTRO P25 网络之间的 PTT 功能。

2012 年 5 月，摩托罗拉系统公司获得巴西里约热内卢 200 万美

元的公共安全 700MHz 专用 LTE 试验网络合同，为里约热内卢建设了 4 个 LTE 基站，覆盖机场、体育场和关键基础设施等热点地区。公共安全用户可以通过专网实时发送视频，并可漫游至商业网络，同时还可以与传统的 P25 网络进行通信，大大改善了执法机构的通信指挥能力，试验效果得到了巴西政府的认可。2014 年 4 月，巴西政府再次与摩托罗拉系统公司签约，进一步扩大 700MHz 公共安全专用网络覆盖范围。同年 9 月，摩托罗拉系统公司为哥伦比亚建设了一个公共安全 LTE 演示网络。在演示过程中，模拟了公共安全用户遇到的各种情况，以展示 LTE 技术在预防、管理和解决犯罪及处理应急事件时的能力。例如，通过向巡逻车分发图片以快速寻找失踪儿童。

2015 年 11 月，摩托罗拉系统公司与美国最大的商场签订合同，为其建设专用宽带解决方案，以帮助其改善原有模拟通信系统。同月，摩托罗拉系统公司在澳大利亚建立了新的创新中心，通过与公共安全用户合作，来满足公共安全用户和工业用户的通信需求，旨在抢占澳大利亚公共安全宽带通信市场。12 月，摩托罗拉系统公司以 8.175 亿英镑(约合 12.4 亿美元)的价格收购英国通信服务提供商 Airwave 公司。Airwave 目前是全球最大的公共安全网络私有运营商，为英国超过 300 家紧急和公共服务机构提供语音和数据服务。通过收购 Airwave，摩托罗拉系统公司全面进军英国公共安全通信市场，大大提高其在英国公共安全宽带市场上的地位。同月，英国内政部宣布与电信运营商 EE 和摩托罗拉系统公司签订 10 亿英镑合同，建设全新的应急通信服务网络，以替代原来的 TETRA 网络，其中摩托罗拉系统公司得到的是第 2 批合同，将为超过 300 个机构的 30 万公共安全用户提供窄带网络服务。

8.1.2　专用设备的研发

(1) 公共安全通信手持终端 LEX 700

2012 年 2 月，摩托罗拉系统公司推出其新研发的、面向公共安

全关键任务通信的手持终端 LEX 700。该终端通过 LTE-P25 网关实现与窄带 ASTRO P25 网络的连接，同时具备宽带数据通信和窄带语音通信功能，而且可连接公共安全专用宽带无线网络(LTE Band 14)和 Verizon 的商业宽带无线网络(LTE Band 13)，是目前公共安全领域功能最强大的手持终端。

LEX 700 采用双麦克风去噪技术，亦可通过蓝牙实现隐蔽语音通信。

(2) 公共安全手持终端 LEX L10

2014 年 10 月，摩托罗拉系统公司又推出了专为公共安全用户打造的新型手持终端 LEX L10。该设备集成了公共安全经验(PSX)用户接口，使公共安全用户的操作更加快速、安全和灵活，具有普通智能手机无法提供的关键任务能力，并且可以根据警种、任务需求定制 PSX 用户接口，在第一时间把用户最需要的信息提供给用户。

LEX L10 在设计上完全考虑公共安全用户的需求，用一只手就能牢牢握住设备，并在设备背面设计了防滑面。同时，为保障嘈杂环境下的语音质量，为公共安全用户提供最佳的语音通信，LEX L10 还配备了双 1 瓦前向扬声器，并且具有三重麦克风去噪和回声消除功能。此外，它还可以在隐蔽模式下操作，可以通过关键任务蓝牙耳机在 P25 网络中进行语音通信。可拆除式电池更适于长期使用。在安全方面，LEX L10 配备了硬件加密和安全增强版安卓操作系统，可以在商业 3G、4G 网络以及公共安全专用 LTE 网络下通信，确保了无缝漫游和每时每刻的信号覆盖。

(3) 手持终端 AME1000

政府机构和一些企业希望在使用公共商业网络时能够保证语音通信的安全。基于这种需求，摩托罗拉系统公司推出了一款基于硬件加密的安全移动电话终端 AME1000。

AME1000 安全移动电话将硬件、软件和多种功能集于一身，并运用了 P25 所用的端对端加密技术，向重视语音通信安全的用户提供增强的语音和数据安全。AME1000 的组件包括：

- 基于 Windows 移动 6.5.3 操作系统的手持 ES400 企业智能手机；
- 可插入 ES400 microSD 卡插槽的 CRYPTR 微加密模块；
- 安装在 ES400 上的 Apriva Voice 安全语音客户端应用软件；
- Apriva 网关基础设施。

AME1000 的独特之处在于它能在 P25 使用不便时，通过公共运营商网络提供两个终端间的加密语音通信，其通话安全可达到 P25 网络提供的安全水平。利用 AME1000，语音流量可通过运营商的数据网络传输。此版本的 AME1000 只打算用于公共网络，随后的版本将可使商业用户与 P25 网络用户互相通话。

(4) 公共安全车载调制解调器 VML700 LTE

公共安全宽带专用通信为用户带来了最先进的无线宽带技术，满足了他们对传输速度、优先级控制和安全性能的需求。VML700 LTE 车载调制解调器把巡逻车、消防车、指挥车与公共安全宽带专用通信网络连接起来，使车辆可以利用无线宽带网络进行数据通信。

对于许多在公共安全领域工作的人来说，巡逻车就是办公室。用于维护公共安全的车辆就是搜集信息和分享信息的移动中心。每天这些车辆都会收发各种类型的数据，包括调度数据，传输照片、事故视频、发送报告、远程处理信息、收发电子邮件以及查找记录。

VML700 LTE 车载调制解调器可适应公共安全车辆所面临的各种严酷环境，包括震荡、潮湿、极端天气等实战挑战。VML700 LTE 车载调制解调器可以安装于车辆后备箱或车内，为车内和附近的设备提供宽带连接。

(5) 公共安全宽带专用 USB 调制解调器 UM1000

UM1000 是摩托罗拉系统公司研发的公共安全宽带专用小型 USB

调制解调器，内置多输入多输出天线。优化的无线设计增强了通信性能，实现吞吐量最大化。UM1000 调制解调器采用先进的滤波技术，可以防止频率相近的无线设备干扰。UM1000 调制解调器通过 USB 接口与个人计算机相连，从而与公共安全宽带专用移动通信网络相连，直接从 USB 接口获得电源。

8.1.3 相关领域的投资

(1) 可穿戴设备

2014 年 4 月，摩托罗拉系统公司宣布投资可穿戴设备研发企业 Recon Instruments。该公司主要从事视频采集终端的研发，通过其开发的智能眼镜，公共安全用户不需要双手即可拍摄第一视角的视频信息，大大加强了公共安全用户间的信息共享和情境感知能力。

(2) 移动分析设备

2014 年，摩托罗拉系统公司宣布投资 B2M 解决方案公司和 Profitect 公司。B2M 解决方案公司专门从事面向企业用户的移动设备分析平台和过程优化软件设计。目前，移动分析主要关注设备自采集的数据，而 B2M 能提供设备级分析以及系统级和框架级的数据分析，B2M 可以利用整个系统的数据，通过其云平台为用户提供移动设备端的数据分析能力。Profitect 公司同样是一家从事数据分析研究的企业，通过大数据分析寻找数据中的模式，帮助用户定制高可行性的方案。摩托罗拉系统公司不仅为两家公司提供资金，更重要的是希望这两家公司能够合作，开发面向公共安全的解决方案。

(3) 语音增强传感器

2015 年 1 月，摩托罗拉系统公司投资 VocalZoom 公司。VocalZoom 公司一直致力于语音增强传感器的研发，其研发的光电麦克风能够有效地增强讲话人的语音，并滤除背景噪音。对 VocalZoom 公司的投资是摩托罗拉系统公司关键任务通信战略的一部分，旨在通过语音增强技术提高关键任务通信用户的语音质量，使用户能够在复杂

的噪音背景下实现高质量的信息共享与情境感知,例如在火灾现场。

(4) 无人机

2015 年 3 月，摩托罗拉系统公司宣布投资无人机研发企业 CyPhy。该公司的无人机的特别之处在于其采用一种“微纤维绳”技术。通过“微纤维绳”供电和传输视频，既可为无人机提供长时间的续航能力，又能拍摄持续可靠的高质量实时视频。在很多情境下，这对公共安全用户来说至关重要，例如大型活动安保。

8.2　泰雷兹集团

法国泰雷兹集团(THALES)是一家以研发航空、防务、安全和信息技术服务产品著称的全球性高科技公司。总部设在法国，研发基地设在美国硅谷、法国巴黎以及俄罗斯。该集团在全球 56 个国家设有 211 家子公司(在北京、上海设有代表处)，拥有 61 000 名员工。

泰雷兹集团凭借其在军工领域积累的技术，成功进入公共安全通信领域，通过与多个企业开展合作，在完善技术的同时，拓展国际市场。

8.2.1　与三星、诺基亚和惠普展开合作

2010 年 9 月，泰雷兹集团与三星电子公司签署战略合作协议，旨在共同发展基于 4G 技术的数字集群通信系统。而早在 2009 年 11 月 17 日，泰雷兹集团就发布了基于 WiMAX 和 LTE 技术的公共安全宽带专用移动通信解决方案——TeMax，可对现有的 TETRA 网络升级，实现真正的宽带多媒体集群通信，可以传输 2Mb/s 的实时视频。而本次合作是将三星的 4G 技术融入到 TeMax 宽带解决方案之中，该方案将 4G 技术与 TETRA 技术结合起来，可以使一台 TETRA 终端同时支持 WiMAX 和 LTE 技术。

2012 年，泰雷兹集团宣布与诺基亚西门子网络公司合作，利用

泰雷兹在 LTE 方面的技术优势和诺基亚西门子网络公司的 Flexi Multiradio 基站的技术优势，向公共安全用户提供专用 LTE 解决方案，以满足用户对高速数据传输的需求。

2015 年 5 月，泰雷兹集团又与惠普签署了战略合作协议，两家公司将利用各自的技术专长，共同研发基于 LTE 技术的下一代关键任务通信系统，使第一响应人员的应急响应行动更加高效，以保护公众生命和财产安全。

8.2.2 推出多种宽带专用网络解决方案

近年来，世界各地突发事件和危机情况频发，参与事件现场处置的人员都希望在紧急情况下能够保持快速有效的通信，让救援人员、公共安全人员能够获取实时而准确的事态变化情况，从而帮助他们更加有效地控制和处理发生的危机。法国泰雷兹集团推出了多种宽带专用移动通信解决方案。

(1) 基于 WiMAX 的专用宽带无线网络解决方案 TeMax

该方案不仅能够提供 TETRA 网络标准功能，还增加了高速率数据无线接入功能。用户可在几公里距离范围内享受宽带专用移动无线电服务，如传输实时视频、大数据量文件传输等。

TeMax 采用 WiMAX 技术作为传输层和分布式结构，极大地提高了传统 WiMAX 网络的冗余、可靠性和安全性。法国泰雷兹集团表示，WiMAX 技术是一项支持宽带 PMR 服务的完美技术，目前已经得到广泛应用，并且通过世界各地销售网络的实地使用验证，每位用户可以在几千米范围内，以至少 1Mb/s 的数据速率访问网络。

TeMax 也是一种综合任务监视系统，它能把重要信息(视频、图片等)传送给事件现场处理人员，实时准确地向指挥控制室报告现场情况，从而帮助用户更好地掌握事态变化和做出决策。TeMax 还可以提供其他特殊应用，如区域监控、电视医疗和远程访问数据库。通过视频和数据传输等应用，能够保证在事件发生区域和控制指挥

中心/医院之间，完全同步共享信息。

通过集成宽带业务，地方性网络和全国性网络能够通过 TETRA 提供传统的 PMR 服务。TeMax 的这种解决方案给 TETRA 用户带来的好处是，可以同时享受现有的 PMR 服务和宽带 PMR 服务。TeMax 在 PMR 网络应用中起到了助推作用，使以前 PMR 不可能实现的功能成为可能。使用 TeMax 后，PMR 新增的服务有：实时视频传输、人脸识别、紧急警报实时广播、将视频录像按要求传输、根据需要现场访问重要数据库。

(2) 基于 LTE 技术的专用宽带通信解决方案 NEXIUM Wireless

2013 年，泰雷兹集团推出全新的基于 LTE 技术的专用宽带网络解决方案 NEXIUM Wireless，为公共安全用户和军队用户提供宽带通信服务。值得一提的是，该解决方案可以通过 LTE 网络为用户提供关键任务语音通信，实现 PTT 功能。

同年 5 月，泰雷兹集团采用 NEXIUM Wireless 解决方案对约旦的 TETRA 网络进行试点升级，将 LTE 技术与原有的 TETRA 网络进行融合。新的网络将使用户可以通过 LTE 进行关键任务语音通信，同时还能够提供宽带集群通信服务。在试点升级过程中，约旦现有的 TETRA 网络可以平滑地过渡到宽带网络，有力地保护了原有投资。

(3) 基于商业网络的 S-MVNO 专用宽带网络解决方案 EIJI

2015 年，泰雷兹集团再次推出了基于商业网络的 S-MVNO 专用宽带网络解决方案 EIJI。传统的移动虚拟网络运营商(MVNO)解决方案的优点是可以利用现有的商业网络，在短时间内以相对较低的投资，创建和运营一个供专业用户使用的专用网络。但其缺点也显而易见，网络的覆盖范围、可靠性、安全性和冗余都受到商业网络的限制。泰雷兹集团推出的 EIJI 在很大程度上克服了上述缺点，该解决方案具有两大优点：

一是覆盖范围有保障，具有更好的语音和数据链接。可通过卫

星通信提供回程链路，确保用户在世界范围内的漫游；通过 EIJI 车载终端大大提高了网络的可靠性和通信性能；

二是安全。通过内置的网络威胁监控技术，保证了语音和数据通信的机密性和完整性。

EIJI 用户可使用商业终端设备，不需要额外的投资。该解决方案的部署亦十分简单，通过 EIJI SIM 卡和软件即可通过全国 3G、4G 网络进行通信。EIJI 车载终端为移动中的链路连接提供了保障。

8.3 空中客车集团

2014 年 1 月 1 日，欧洲宇航防务集团(EADS)正式更名为空中客车集团。集团下属四大子公司，即空中客车公司、欧洲直升机公司、防务领域的 Cassidian 公司和从事卫星业务的 Astrium 公司，其中 Astrium 和 Cassidian 合并组成新的空中客车防务及航天集团。

作为传统的专业通信设备研发企业，欧洲宇航防务集团十分看好公共安全宽带专用通信市场，通过与其他企业合作，开展专网网络试验，全力进军公共安全宽带专用通信领域。

8.3.1 与阿尔卡特朗讯公司合作开发多个解决方案

2010 年，欧宇航 Cassidian 公司宣布与阿尔卡特朗讯公司联合开发面向下一代公共安全宽带移动通信的解决方案。此后，两家公司联合推出了多个公共安全 400MHz、700MHz 和 800MHz LTE 系统。2010 年，在美国休斯顿召开的美国公共安全通信官员协会会议上，两家公司联合提出了结合 LTE 与 P25 的 700MHz 公共安全互操作性解决方案。基于 LTE 的基站可以提供高速远程数据库访问、报告管理系统、电子邮件和内部/外部因特网资源，并最终支持丰富的图像和视频传输功能等，从而可以给公共安全机构带来极大便利。

2011 年，在 TETRA 世界大会上，两家公司共同宣布了一项合

作协议，将为运行在 400MHz 频段的应急和安全通信系统提供创新的移动宽带解决方案。利用 LTE 技术，两家公司联合推出的解决方案将支持宽带数据服务，例如移动视频安全、基于位置的视频服务和智能车载设备集成和应用，以完善现有语音和数据系统。

2012 年 4 月，两家公司合作演示了全球第一个应用 400MHz LTE 的 TETRA 网络移动宽带服务，即采用阿尔卡特朗讯公司的 LTE 基站引擎和欧宇航 Cassidian 公司最新的射频部件以及终端，在巡逻车和指挥中心之间实时双向传输视频。

2014 年，空中客车集团宣布与 JVC 建伍组成联盟，旨在利用两家公司在专业通信领域积累的技术和销售渠道，共同为北美和欧洲用户提供公共安全宽带通信技术，争取更大的公共安全专业通信市场份额。

8.3.2　为多国用户开展 LTE 专网试验

在 2012~2013 年期间，空中客车集团与阿尔卡特朗讯公司一起，为法国、德国、西班牙、墨西哥的公共安全用户和军方用户开展了多项 LTE 专用网络试验，为用户展示了在现有 400MHz、800MHz TETRA 和 TETRAPOL 系统上融合 LTE 技术的可行性。在演示中采用了双模基站。

2013 年 2 月，欧宇航 Cassidian 公司在戛纳举行的安全通信网络运营商和用户大会上，为法国内政部在 400 MHz 成功演示了全球第一个专用 4G LTE 技术的移动宽带服务试验，率先成功地将 LTE 移动宽带服务应用到现有 TETRAPOL 数字集群网络上。在演示中，欧宇航 Cassidian 公司采用了双模基站，将两个 LTE 基站部署在两个 TETRAPOL 站点，将车载摄像头拍摄的视频通过 400MHz TETRAPOL 网络实时传输至指挥中心。

2013 年 12 月，作为德国联邦国防军“高速移动蜂窝网络研究”项目的一部分，欧宇航 Cassidian 公司在 400MHz 成功演示了 LTE

专用通信技术，在 TETRA 语音服务的基础上增加了数据传输功能。在两周的功能测试中，对覆盖范围、数据传输速率、移动传输性能和与其他系统的接口性能几个方面进行了全面测试，场景包括车载设备、手持设备在静态和动态的通信。其中，覆盖范围的测试结果超出了预期，可以达到与 TETRA 基站同样的覆盖范围，数据传输速度达到 100 Kb/s~2 Mb/s。该项试验一直持续到了 2015 年。

2014 年 5 月，空中客车集团和阿尔卡特朗讯公司开始为新加坡安全城市项目部署 LTE 网络，通过实时获取信息，增强相关机构的事态感知能力。

8.4 华为公司

华为技术有限公司成立于 1987 年，其电信网络设备、IT 设备和解决方案以及智能终端已应用于 170 多个国家和地区，服务全世界 1/3 以上的人口。

8.4.1 持续投入无线市场

华为的 eLTE 宽带集群解决方案帮助政府和企业客户建立专业和可靠的移动通信平台。

在终端侧，华为开发的无线模块不仅可实现快速的频率定制，还可以被不同行业的伙伴集成。面对不同行业的应用，华为也可提供开放的平台以及 API 接口，来集成不同行业的外配套应用。同时，开放的平台也可和不同厂家的设备进行互联互通，如与 PDT 系统、TETRA 系统、PLMN 系统等的互联互通。

2013 年，华为推出首款宽带集群通信解决方案，一网同时支持宽带集群、视频、数据等多种业务，还具有以下特点：

- **百兆多媒体集群，调度可视化：**华为 eLTE 宽带集群可同时支持语音集群、视频上载及视频分发功能。除了利用语音调

度，现场人员也可以利用宽带集群的视频上传功能，将现场的实时画面传递给指挥调度中心，指挥调度中心然后将这些图像转发给群组里的所有成员，从而提高调度效率。

- **多频段，应急网络灵活性，行业级终端适应严酷环境**：华为 eLTE 解决方案可支持 400MHz、700MHz、800MHz、1.4GHz、1.8GHz、2.3GHz 的频带，从而满足不同行业、不同区域的频谱需求。其次，面对不同规模的网络需求，华为企业无线能够提供各种类型的设备，帮助客户快速、经济地建设网络。eLTE 解决方案可支持 eLTE Rapid 快速部署系统单站、应急通信车系统、2U 盒式核心网以及 14U 单框核心网，满足不同规模的建网需求。最后，eLTE 解决方案防护等级要求极高，如：终端设备 EP680、大屏终端 EP820 都满足 IP67 防水防尘设计，能够在水下 1 米浸泡半小时。EP680 和 EP820 分别达到 MIL-STD 810F 和 MIL-STD 810G 美军防震标准，支持数百次 0.5m 跌落。
- **开放架构，支持第三方终端和应用，支持与 PDT、TETRA、PLMN、PSTN 等异系统互通**：在终端侧，华为开发的无线模块不仅可实现快速的频率定制，还可以被不同行业的伙伴集成；面对不同行业的应用，通过 SDK 和 IVS、IPCC、第三方行业应用的互联互通，大幅提升跨部门间的协作效率；同时，开放的平台也可和不同厂家的设备进行互联互通，如和 PDT 系统、TETRA 系统、PLMN 系统的互联互通，从而保护客户已有投资，有效协调各部门工作。

8.4.2 重点关注公共安全领域

基于最先进的 LTE 技术，华为根据公共安全行业客户需求，打造安全可靠，稳定高速的华为 eLTE 无线宽带专网，集视频监控、数据采集、宽带数据接入、专业宽带集群、应急通信等专业业务于

一网，协助维护社会稳定，保障民生安全。主要有以下用途：

(1) 全景监控

对重点区域乃至全区域的全面视频监控和环境感知，是构建“平安城市”的基础建设。基于 LTE 技术的华为 eLTE 解决方案覆盖广、部署灵活。无线摄像头、传感器建设周期短，工程投入小，可有效监控老城区、偏远地区、环境恶劣地区、供电困难和监控点复杂等区域，最大程度实现治安监控的有效覆盖。此外，依托无线的快速部署，可针对监控死角快速构建临时监控，灵活应对突发事件，并同时形成空中监控，打造 360 度无死角全景监控。

(2) 融合指挥

华为 eLTE 解决方案支持百兆多媒体集群，一网承载语音、数据、视频业务，支持调度可视化。凭借其移动性，能够将现场关键点的第一手视频、图像传回指挥中心，帮助领导快速决策，及时应对事态发展。eLTE 支持与宽窄带集群、公用移动网络、固定电话网络互通，实现跨区域、跨部门、跨平台、跨终端的高效协作，也充分利用现有资源，保护前期投资。同时，eLTE 提供公私网双模终端，利用公用网络，进一步扩大调度范围。eLTE 还提供基于 eSDK 的 API 接口，可以和视频、PGIS 服务器、综合调度系统等对接，在统一的业务面应用下，实现宽带集群业务。

(3) 快速响应

华为 eLTE 解决方案提供 eLTE Rapid 快速部署系统。该系统占地面积小，易于运输，15 分钟快速部署。固定场景下，Rapid 可以为数千米的范围提供 eLTE 网络覆盖，保障通信，实现宽带集群、视频监控等功能。通过光纤或者卫星系统，将现场视频向指挥中心汇报；在运动场景，eLTE Rapid 能够为移动车队提供通信保障的同时，通过卫星系统向指挥中心报告。

(4) 日常巡检

对于数量庞大且分散在各个区域的巡逻警察，如何全面掌握其

工作状态，监督巡逻质量，一直困扰着警队管理人员。而巡逻警察外出执勤的时候，可以在紧急情况时实时了解增援情况，而不是孤立无援，这也是巡逻警察对安全的需求。华为 eLTE 解决方案提供定位和轨迹跟踪、群组多媒体功能，能够很好地解决这个问题。所有终端都会实时上报位置，指挥中心能够随时查看巡警所处位置，并在紧急时刻主动调用巡警终端摄像头，了解事件状态。通过 GIS 定位，寻找最近的警员前往增援，组成临时群组。所有组员都可以看到成员位置，现场巡警可以立即知道队友在哪里，还有多远，以便共同面对突发事件。

(5) 大型活动保障

大型运动会、马拉松、跨年迎新会等重大活动，在小片区域聚集数万人，在热闹的同时，也带来了众多安全隐患。场馆和活动线路上的现有监控常常不能满足对活动全方位监控的要求，临时全面部署有线监控不太可能。eLTE 无线监控能够迅速完成部署，接入现有视频系统，形成全方位监控。遇到问题时，宽带集群也能随时上传现场视频，并分发给周围相关人员，提升调度效率，保障活动安全。

(6) VIP 安保

公安专网部署经常按区域覆盖，在区域边界经常形成覆盖盲点。而当要员的行程路线跨区域时，这些盲点将出现监控的缺失，这对于要员安保是不可接受的。eLTE Rapid 或者应急通信车能够快速部署进行补盲，形成连续覆盖，保证通信。另外，无线监控能够对线路上的有线摄像头盲点进行有效补充，保证要员行程路线上的连续监控。

(7) 押运

华为 eLTE 解决方案支持动中通，为押运车队提供无线通信，能将车队边远车辆上的摄像头视频回传监控中心，以便实时查看，保证及时发现异常，做出判断，并通过集群通信，及时下达命令。

(8) 灾难救援

面对突如其来的灾难，如地震、雪灾等，通信会全面中断。eLTE Rapid 能够第一时间进入灾区腹地，迅速恢复现场与总部的联络，将现场最新情况及时汇报，帮助快速决策，有效指挥救援。

8.4.3 提供完整的全系列产品

针对公共安全领域，华为 eLTE 可以提供端到端的全系列产品，满足不同场景、不同规模下的网络部署需求。部分产品介绍如下：

(1) eLTE Rapid 快速部署系统

Rapid 系统集成了基站、核心网、调度系统等功能，具有一体化、小型化的特点。Rapid 系统可在 15 分钟内部署完成；占地小，网络部署灵活性高；第一时间提供语音、数据及视频调度的多媒体集群通信保障；支持动中通和静中通，不需要车改即可安装在车内；也可支持单箱单人背负或脚轮拖动。

(2) eLTE 应急通信指挥车

应急通信指挥车是经过一体化设计并改装集成，可一键式快速部署的车辆系统，适用于抢险救灾、重大活动保障、安防巡检、站点补盲等多种场景，并提供以下功能：

- 提供集群组呼、广播呼叫、私密语音呼叫等全面的语音业务。
- 提供视频监控、视频分发、GIS 定位、集群多媒体等丰富的宽带数据业务。
- 提供使用第三方加密卡的端到端无中心加密功能。
- 支持卫星、光纤、微波、公网 3G/4G、自回传等多种回传方式实现前后方通信。

(3) EP820 高端集群大屏终端

EP820 是自主研发的高端宽带集群手持大屏终端，是专网行业应用中功能强大的集群终端，能同时支持私密呼叫、组呼、短信彩信、宽带数据接入、视频调度业务及多业务并发。支持 4.5 寸高亮

触摸屏、Android 智能操作系统、IP67 防护等级。应用于公共安全行业，可实现专业集群调度、多媒体调度及宽带数据功能。

(4) EP681 手持集群终端

EP681 是专网行业应用中功能强大的高端宽带手持集群终端，能同时支持私密呼叫、组呼、短信彩信、宽带数据接入、视频调度业务及多业务并发。支持 2.0 英寸 QVGA 像素半透反显示屏及前后双摄像头，IP67 防护等级。

(5) EM350 Mini PCIe 卡

EM350 数据模块是自主研发的基于 LTE 制式的 Mini PCIe 数据模块，主要应用于公共安全行业客户进行终端二次开发。该模块集成到终端中，作为 LTE Modem 使用，提供无线数据接口，实现集群语音通话以及空口数据传输功能。

8.5　中兴高达公司

北京中兴高达通信技术有限公司成立于 2012 年，是中兴通讯旗下专注于专业集群领域的解决方案提供商，致力于专业数字集群产品的研发和应用，可提供 2G/3G/4G 等多种无线制式的集群产品、宽窄带融合解决方案，基于公网的广域对讲系列化产品和端到端的多媒体宽带解决方案。

- **2G 集群产品(PDT/DMR)**：遵循国家和国际标准，支持模数兼容、大区制覆盖和高度可靠安全，可灵活组网和快速部署，广泛应用于政府执法、公安、消防、武警、交通运输、林业、能源和工商业的各行各业。
- **4G 集群产品(ZiLTE，遵循 B-TrunC 标准)**：除提供语音和集群等基本业务外，还可提供定位、数据采集、信息查询、

高清图像和视频，以及视频广播等各种多媒体业务，让用户不但“听得见”，更能“看得清”，实现可视化指挥调度。

- **“2+4”宽窄带融合数字集群解决方案：**PDT和LTE融合组网，统一调度和统一管理；PDT实现辖区内无缝覆盖，支持模数兼容，保障全员通话和应急指挥；LTE实现城市三区(案件多发区、商业/金融集中区、人口密集区)四口(治安卡口、城市的出入口、重点交通道路口、政府门口)等关键区域的移动警务、视频监控和可视化指挥。LTE技术提供100Mbps数据速率，支持高清视频传输，低于100ms的信令时延，保障指挥命令快速下达，完美解决公共安全宽带数据接入最后一公里问题。
- **3G集群产品(GoTa)：**基于3G通信制式，可提供大、中、小各类型的网络系统和系列化终端。
- **GSM-R/LTE-R集群产品：**轨道交通专用通信解决方案，提供优质的调度通信、乘客信息、视频监控、列控信号传输等，实现了调度、编组场、区间、公务、工程施工、应急抢险等需要的统一移动调度通信功能。
- **应急通信车和便携通信解决方案：**提供包括语音通信、集群对讲、无线数据上传和下载、高清视频监控和回传、多媒体视频会议、车辆和人员定位，以及卫星通信等功能，是固定指挥中心的扩展和延伸，可作为突发事件的现场应急指挥平台。

8.6 信威公司

北京信威通信技术股份有限公司(简称信威)成立于1995年11月，为信威集团核心子公司，参与了BWT、B-TrunC、PPDR等重

大专项、行业标准以及我国多个行业通信规范的制定工作。

8.6.1　积极开拓专网市场

2010 年，信威基于标准 TD-LTE 系统结合专网业务需求，创新性地推出 McLTE 宽带无线多媒体集群通信系统。McLTE 系统将 TD-LTE 的高速率、大带宽与数字集群技术中的资源共享、快速呼叫建立、指挥调度等特点进行融合，是集语音、数据、视频为一体的新一代宽带多媒体数字集群系统，具有专业集群通信性能、高可靠性和高实时性数据传输以及多媒体调度的能力，在一张网络内同时提供专业级的语音集群、宽带数据传输、高清视频监控及视频调度等丰富的多媒体通信手段。

2015 年，McLTE 系统通过包括 D 接口在内的 B-TrunC 标准第一阶段(单系统)测试。2016 年 8 月，McLTE 系统及产品通过 B-TrunC 互联互通认证评审。

在公安领域，信威 McLTE 解决方案可在一张网内提供平安城市视频监控、移动警务、应急通信、多媒体集群调度、无线数据采集等多种业务，并支持定制开发公共安全领域的特殊需求。

信威正在积极为政府提供安全可靠、可管可控、支持多部门业务共网的信息化服务，有效解决公安行业宽窄带业务融合的难题。

8.6.2　研发多种专用设备

(1) TCN1000 企业级核心网

TCN1000 是基于 McLTE 成熟的接入和交换产品平台定制的、面向行业专网的业务接入控制器。TCN1000 负责完成纯数据业务组网和全业务(语音＋数据)组网时的接入控制功能，是 McLTE 组网必需的设备。

基于 TCN1000 的行业专网解决方案具有如下特点：

- 更低的网络建设成本；

- 更简单的网络架构；
- 更容易安装和维护；
- 具有电信级的可靠性。

(2) TCN2000S 运营级核心网

TCN2000S 产品是 McLTE 宽带多媒体集群系统的大网核心网产品，采用集中式部署，集 EPC、IMS、集群调度控制系统于一体，支持 McLTE 接入、标准 TD-LTE 接入和 SIP 终端接入，与 PSTN、TETRA 等异构系统互联互通，实现接入的控制面功能、用户面功能、签约数据和鉴权管理功能、集群调度功能、操作维护功能。此外，还具有对第三方业务开放网络的能力。TCN2000S 可应用于无线政务网和行业专网等应用场景。

(3) XW7500 基站

XW7500 基站系统由插卡式 BBU、射频拉远单元 RRU 和智能天线阵组成，其中插卡式 BBU 产品的主控板、电源板支持 1+1 热备份，基带板支持 N+1 备份。XW7500 基站实现信威 McLTE 系统的无线接入功能，包括空口管理、接入控制、移动性控制、用户资源分配等无线资源管理功能，是信威 McLTE 系统的重要组成部分。

(4) XW7100 微基站

XW7100 系列产品是 McLTE 室外微站产品。其形态小型化和一体化，集成了基带、射频和天线等功能实体，实现了 McLTE 系统的无线接入功能，包括空口管理、接入控制、移动性控制、用户资源分配等无线资源管理功能，是 McLTE 基站产品线上的重要系列产品。

McLTE 室外微站主要应用于室外补盲和补热。主要应用于以下场景：一方面，宏基站间可能存在覆盖漏洞。出于组网整体性能要求或成本等因素制约，不适合安装宏站，而对通信又有需求，这些常见于铁路、输电线路、隧道等室外场景；另一方面对于热点地区，人流密集度高，对通信有强烈需求，要保证大容量和高吞吐量，仅

采用宏基站的大面积弱覆盖不能满足要求。这些需求常见于大型运动场、火车站、繁华街道等室外场景。类似上述的室外场景均可考虑使用 McLTE 室外微站。

McLTE 室外微站满足覆盖和容量需求，可快速灵活部署，节约成本。具有体积小、重量轻、成本低、功耗低、便于安装、大吞吐量、低时延、合适的发射功率、IP65 防护等级、全 IP 架构等特点。

(5) Wi181 智能手持终端

Wi181 系列是一款 McLTE 多媒体手持终端，是面向行业市场的一款功能丰富、高防护级别的行业集群多媒体手持终端。该产品采用 4 核 1.2G 主频 CPU，3.5 寸高强度抗压耐磨显示屏，支持专网 TD-LTE、Wi-Fi、蓝牙、GPS/北斗定位，支持外置模拟摄像头输入、HDMI 输出。产品接口类型丰富，防护等级高，处理能力强，能满足不同类型行业客户移动专网应用需求。

(6) 多媒体背负式终端 MBT 系列

MBT 系列产品是 McLTE 单兵多媒体背负式终端，支持高清视频实时回传，同时可实现集群双向对讲。

产品特点：

- 具有高带宽双向数据传输能力，支持高清视频实时回传，支持双向语音对讲；
- 配备高容量电池，支持 6 小时连续工作；
- 配备高增益天线，通信距离远；
- 便携性高，重量轻、体积小；
- 支持高速移动。

(7) SRD1000 分体式快速部署系统

分体式快速部署系统 SRD1000 基于 McLTE 技术，将核心网、基站、电源、交换等模块集于两个箱体中，并配备天馈系统以及油机(选配)组成一套完整的快速部署系统。设备结构支持固定架设、车载、双人携行等快速部署场景。

系统特点：快速部署，不需要现场配置，快速完成组装，开机即用；一体化设计，高度集成；支持动中通。

(8) SRD2000 一体化快速部署系统

一体化快速部署系统 SRD2000 基于 McLTE 技术，将核心网、基站、电源、交换等模块集成到一个箱体中，具备语音集群、视频呼叫、视频联动、可视化调度、视频监控、GIS 定位、短信、即时通信、高速数据传输、Qos 等功能。设备结构支持固定架设、车载等快速部署场景。

(9) 安全保密产品：密令通

密令通是基于行业应用服务的移动互联网保密通信产品，适用于使用智能手机进行敏感语音通信的个人和企业机构，能有效消除第三方窃听通话的可能性，让通话双方在现有移动网络内进行安全的语音交流，实时信息传输。

密令通产品具体功能：

- **加密通话：**手机中安装密令通 APP 的用户拨打加密电话时，直接对通话进行加密，接听方手机中的 APP 直接进行解密，接通后用户通话会在安全的加密链路下进行。
- **加密消息功能：**会话聊天，发送的语音、文字、图片等消息，每一条都会进行加密传输；消息会话全过程链路中均加密保护。
- **阅后即焚功能：**发送的信息，对方阅后 15 秒该消息会自动永久删除；删除的消息不可被恢复；删除后收发双方都看不到消息；服务器不存留。

此外，信威推出了密令通保密通信整体解决方案。从轻便易用的 APP 应用软件到软加密+硬密钥组合的安全密钥系统，再到国防级数据加密的网络语音云平台系统，防止移动智能手机数据和信息泄露，保证个人工作效率，确保企业信息安全。

8.7　普天技术公司

普天信息技术有限公司(简称普天技术)隶属于中国普天信息产业股份有限公司(简称中国普天)，主要从事信息通信系统的研发与中试生产，信息网络软件系统的开发，大型信息网络工程的集成，新产品的市场培育，形成了公网、政务网、企业网、民生网和信息安全五大核心产品和解决方案。

8.7.1　积极投入政府专网领域

作为 LTE 宽带集群产业领域进入最早、推出产品最早、首创标准的重要厂商，普天技术在国内率先采用 TD-LTE 技术体制，在 4G 专网领域实现行业应用。

公司通过承担专网宽带集群相关国家重大专项，研发了 TD-LTE 集群基站、核心网、终端设备，并在北京平谷区建成开通首个基于 TD-LTE 的宽带集群试验网。目前已推出基于 TD-LTE 的宽带多媒体集群系统 WiTRA 全系列产品，完全采用全国产化的专用无线系统设备和终端设备，工作频段支持 1447～1467MHz 和 1785～1805MHz。

公司融合 LTE、TETRA/PDT 核心技术，在业内首创宽窄带集群融合一体化专网解决方案，将 4G 宽带多媒体集群的高清视频、多媒体指挥调度、高速数据下载等优势，与窄带集群的大区制覆盖、网络抗毁性强、频谱需求低等优势相结合，实现了宽带集群和窄带集群融合互通，有效保护了客户窄带集群的投资，提高了政府的管理和服务效率。该方案对于公共安全、应急通信、指挥调度功能要求较高的政府、公安、武警以及军队等都十分适用。

8.7.2 TD-LTE 宽带集群 WiTRA 系列产品

1. 核心网设备

普天核心网设备在硬件、软件上采用模块化设计，支持灵活扩容，以满足不同的业务模型和网络容量。

(1) EPC01-2080

产品特点：

- 硬件上采用标准 ATCA 架构；
- 全 IP 交换技术；模块化结构设计，易于扩展；
- 具备电信级高可靠性；
- 各网元可灵活部署；
- 适用于大中规模网络。

(2) EPC01-2000

产品特点：

- 硬件上采用机架式服务器；
- 全 IP 交换技术；
- 具备电信级高可靠性；
- 紧凑型设计，低成本；
- 适用于小规模网络。

2. 无线接入设备

在 LTE 系统中，基站设备是整个系统中的一个网元，是无线接入网的重要部分。它一端通过空中无线接口直接和终端连接，另一端通过 S1 接口直接与 A-GW 相连。基站设备 eNodeB 为分布式基站设备，它由基带单元(eBBU)和远端射频单元(eRRU)构成，是一种可以灵活分布式安装的基站组合，主要完成空口与地面电路之间的信道转换与桥接。

(1) eBBU1609A 基站

基站 eBBU1609A 属于大容量紧凑型 BBU，与 RRU 配合可实现室外宏覆盖、室内分布覆盖及各种特殊场景覆盖。

产品特点：

- 1U 高度，硬件平台全 IP 化；
- 体积小，低功耗；
- 模块化可维护；
- 安装方式灵活；
- 高可靠的软硬件设计；
- 适应多种时钟组网环境；
- 操作界面友好。

(2) eRRU1688C 基站(1.4GHz)/1668C(1.8GHz)

产品特点：

- 8 通道 RRU，光纤拉远，便于部署；
- 紧凑型设计，便于安装。

(3) 微型宽带集群一体机 iSCU2000

产品特点：

- 业内集成度最高的一体化设备之一，将 BBU、EPC、SCC 三个设备合并为一；
- 仅 1U 高度，适合车载或小空间安装；
- 可作为车载基站使用，快速部署，组成微型网络；
- 可作为单站集群系统使用。

3. 终端设备

(1) H01-1201 行业专用坚固型手持终端(双模)

此手持终端采用工业级三防设计，是具有视频采集和传输功能、GPS 定位功能、信息推送和指令调度功能、多优先级数字集群对讲调度功能等融合一体的 TD-LTE 无线传输终端，广泛应用于取

证、现场调度指挥、位置跟踪、远程视频监控等领域。产品特点：

- 支持 TD-LTE/GSM 双卡双待；
- 集视频采集和传输、GPS 定位、信息推送和指令调度、多优先级数字集群对讲调度等功能于一体；
- 广泛应用于取证、现场调度指挥、位置跟踪、远程视频监控等领域。

(2) TD-LTE 室内/室外型路由器

该路由器通过以太网或 Wi-Fi 将多种终端(手持终端、PDA、笔记本电脑、台式电脑、摄像头等)接入 TD-LTE 网络，实现无线办公、视频会议、数据采集等业务。

产品特点：

- 支持远程升级；
- 支持其他设备 Wi-Fi 接入。

(3) 4G 坚固型平板电脑

产品内置 4G 模块，直接接入 4G 网络；采用标准 Windows 系统，LifeSupport™热交换电池技术，可在不关闭系统的情况下更换电池；MIL-STD-810 军方认证，10.1 英寸阳光下可读的大显示屏。业务功能具备视频会议、移动办公、丰富应用软件、网页及 Web 浏览、多格式视频播放。

(4) V01-3500 车载智能终端

产品集车载电脑、GPS 定位、GPS 导航、集群对讲、全双工电话、视频采集、视频会议、电话会议以及无线数据传输等功能于一体；满足用户在不同行业对通信实时性、可靠性以及高带宽的要求。

(5) 单兵头盔

单兵头盔是基于 TD-LTE 网络传输的头盔式视频传输产品，将摄像机采集的现场图像传输到指挥中心，使指挥中心对现场的情况一目了然，并能实现双向语音对讲，达到身临其境的效果。

产品特点：

- 超低延时的 D1 画质视频传输，帧率可达 25 帧/秒，耐高温外壳设计、超低图像延时、双向语音、GPS 定位功能；
- 广泛应用于公安、消防、军队等多个安防领域，有效地解放双手，把最前线第一视角的音视频传送到后方指挥中心；
- 内置 520 线 SONY1/3"CCD，照度彩色 0.2 Lux，黑白 0.1Lux；
- 内置耳麦，双向语音对讲；
- 支持 SD 卡(32G)存储；
- 可选 GPS 定位以及 Wi-Fi 功能；
- 头盔外形可定制。

4. WiTRA 2000m 车载集群通信系统

WiTRA 2000m 车载集群通信系统具有机动性强、功能完善等特点，提供视频和语音的统一指挥调度，广泛应用于公共安全、抢险救灾、重大事件通信保障、战术指挥等场景。

参考文献

[1] http://appcomm.org/，AppComm 网站
[2] http://www.motorolasolutions.com/，摩托罗拉公司网站
[3] https://airbusdefenceandspace.com/，空中客车防务及航天集团网站
[4] https://www.thalesgroup.com/en，泰雷兹集团网站
[5] 华为官方网站
[6] 中兴官方网站
[7] 信威官方网站
[8] 普天官方网站